



**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ**

**Машиностроителен факултет**

**Катедра „Инженерен дизайн“**

**Маг. инж.-диз. Нели Красимилова Николова**

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА  
ПРИЛОЖЕНИЕ НА НАУЧНИ РАЗРАБОТКИ,  
ВКЛЮЧИТЕЛНО БИОИНСПИРИРАНИ, В  
ДИЗАЙНА НА СРЕДСТВА ЗА СЕДЕНЕ**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен  
"ДОКТОР"

Област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.13. Общо инженерство

Научна специалност: Ергономия и промишлен дизайн

**Научен ръководител: доц. Емилия Чаушова**

СОФИЯ, 2021 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Катедрения съвет на катедра „Инженерен дизайн“ към Машиностроителен факултет на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 11.12.2020 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 11 май 2021 г. от 13.00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-5.13-05 / 20.01.2021 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. Доц. Емилия Чаушова – председател
2. Доц. д-р инж. Траян Стамов – научен секретар
3. Проф. д-р Ася Тошева-Маринова
4. Доц. Цветомир Конов
5. Доц. д-р Димитрина Караманска

Рецензенти:

1. Доц. д-р инж. Траян Стамов
2. Доц. д-р Димитрина Караманска

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Машиностроителен факултет на ТУ-София, блок № 4, кабинет № 4242.

Дисертантът е редовен докторант към катедра „Инженерен дизайн“ на Машиностроителен факултет. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като някои от тях са подкрепени от научноизследователски проекти.

Автор: маг. инж.-диз. Нели Николова

Заглавие: Изследване на възможности за приложение на научни разработки, включително биоинспирирани, в дизайна на средства за седене.

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

## **I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

---

### **Актуалност на проблема**

Седенето и работните средства за седене се развиват като дизайнерски проблем от Средновековието, когато монасите прекарвали часове в седене, за да преписват книги. Едва от XX-ти век дизайнът на средствата за седене започва да използва научни изследвания за човешката анатомия при проектирането им. Така с увеличаването на дела на т. нар. „интелектуален труд“, се увеличава и делът на хората, които извършват работата си в седяща работна поза.

Необходимостта на седенето се обуславя и от характера на множеството съвременни професии, които са свързани с работа в седяща поза. „Нашето индустриално общество се трансформира в общество, което обработва информация, в което повечето работещи правят бизнес, докато седят за дълги периоди от време.“, твърди доктор А. Мандал, автор на книгата "The Seated Man (homo sedens)".

Освен работния процес много от дейностите на съвременния човек включват седене. Така часовете прекарани в тази поза се увеличават и продължителното седене е определяно от професионалистите в сферата на здравеопазването като „болест на седенето“.

В научната литература по света седенето се разглежда, като актуален проблем. Лекарите, ергономи, дизайнери и учени от множество научни сфери изследват негативните последици от дълготрайното седене за физиката, физиологията, психиката на човека, както и отражението на здравословните проблеми върху трудоспособността на засегнатите.

### **Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване**

Целта на дисертационния труд е като се изследва връзката на дълготрайното седене със здравословни увреждания и научните достижения за предотвратяването им, включително биоинспирирани разработки, да се изведат дизайнерски изисквания за проектиране на средства за дълготрайно седене.

Формулирани са следните задачи:

Да се проучи какви са негативните последици за здравето в следствие на дълготрайното седене.

Да се проучат анатомичните дадености на човека във връзка със седящата работна поза

Да се проучат съществуващи теории и концепции за здравословно седене.

Да се проучи тестването на средства за седене.

Да се разгледат дефинициите, същността и методиките на биоинспирираните дисциплини от дизайнерски аспект.

Да се разгледат концепциите за устойчив и регенеративен дизайн.

Да се съставят изисквания за дизайн на средство за дълготрайно седене.

Да се създаде тестови прототип на средство за седене в съответствие със съставените дизайнерски изисквания.

Да се провери дали поставените изисквания постигат поставената цел.

Теоретични методи:

Чрез анализ на литература, свързана с негативните последици от дълготрайното седене, човешката анатомия и научните изследвания, същността на биоинспирираните дисциплини и устойчив дизайн през индукция се стига до синтез на концепция за взаимозависимостите при дизайн на средство за дълготрайно активно седене.

За прехвърляне на знание от биологията в дизайна са използвани аналогии с цел решаване на наличния проблем.

Ползва се формализация на синтезираното знание за достигане на изисквания към дизайна на средства за дълготрайно активно седене.

Емпирични методи:

Използвано е моделиране на концепцията за дизайн на средство за активно седене на ниво компютърен и физически модел. Проектиран е тестови прототип, чрез който хипотезата на настоящото изследване е проверена по емпиричен път.

Проведен е практически експеримент с хора, чиито работен процес е свързан с дълготрайно седене, за апробация на хипотезата на настоящия труд. Като част от експеримента е проведено измерване на обективни и субективни показатели за проследяване на промяната на състоянието на субектите.

Чрез наблюдение е отчетено поведението на субектите по време на седене. Чрез сравнение на седене при различни условия е отчетена промяната у субектите.

Емпирико – теоретични методи:

Резултатите от експеримента са обработени чрез статистически методи.

Други методи:

Използвана е класификация при проучване на вредите, които дълготрайното седене причинява на човешкото здраве.

Използван е и логически метод.

## **Обект на изследването**

Обект на настоящото изследване е дълготрайното седене.

## **Предмет на изследването**

Предмет на изследването е синтезиране на познанието до изисквания за дизайн на средство за дълготрайно седене.

## **Научна новост**

Изведени дизайнерски изисквания за проектиране на средства за дълготрайно седене, които са в съответствие с научните достижения в областта. Спрямо решавания проблем, свързан с дизайн на средство за седене изискванията могат да бъдат адаптирани за решаване на проблем, свързан с дизайна на средство за седене и в зависимост от типа седене (спрямо извършваната дейност по време на седене: при транспорт, консумация на храни и напитки, отмора и други). Прилагането на изискванията в практиката на проектиране на средства за дълготрайно седене може да доведе до проектиране на средства за седене, които щадят здравето на човека.

За първи път е предложена зависимост на дизайна на средства за седене от пола на седящия.

## **Практическа приложимост**

Професиите, които са свързани с работа в седяща работна поза са повече от тези в стояща или лежаща работна поза. Новопоявяващите се и актуални професии също са свързани със седяща работна поза за дълги периоди от време, тъй като естеството на повечето от тях е свързано с работа с компютър.

Резултатите могат да се внедрят при проектиране на работна жизнена среда и на елементите за нея.

С внедряване на резултатите от дисертационния труд (по-здравословно седене) може да са намалят разходите за лечение и болнични дни, което би довело до положителен ефект за икономиката. Важна е ползата за здравето на бъдещите майки и общото намаляване на човешкото страдание от последствията на дълготрайно седене в нездравословна поза, тоест повишаването на качеството на живот.

Приложението на резултатите от дисертационния труд може да се разшири с интерпретация и адаптация към конкретни дизайнерски проблеми. Изведените изисквания могат да бъдат приложени и към други видове седене при различна съпътстваща дейност.

## **Апробация**

Направена е апробация на дисертационния труд чрез практически експеримент.

## **Публикации**

Основни моменти от дисертационния труд са публикувани в четири самостоятелни научни публикации, цитирани като източници № 5, 6, 7, и 8 в библиографията.

## **Структура и обем на дисертационния труд**

Дисертационният труд е в обем от 178 страници, като включва въведение, три глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията, използвана литература и приложения. Цитирани са общо 89 литературни източници, като 81 са на латиница и 8 на кирилица. Работата включва общо 60 фигури, 46 таблици и 6 диаграми. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

## **II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

---

### **ГЛАВА 1. ОБЗОР ПО ПРОБЛЕМА**

#### **1.1. Увреждания и следствия на дълготрайното седене**

Правилната поза на седене е тази, която запазва естествените извивки на гръбнака, както и не претоварва или остава неактивни мускулите на торса, таза и краката за дълги периоди от време. Правилната поза на седене не нарушава циркулацията на кръв, тъканната течност и лимфа в долните крайници.

Неправилната поза на седене е тази, при която естествените извивки на гръбнака се нарушават, мускулите на гърба са разтегнати, а тези на корема са смачкани и е наличен цялостен дисбаланс на мускулите, сухожилията и лигаментите в тялото, таза и краката.

Дълготрайното статично седене, както и седенето в несъобразено с анатомията на човека средство за седене, причинява увреждане на здравето на седящия човек на физическо, физиологично и психическо ниво.

Физическите последици се свързват с увреждането на стойката. Състояния като кифоза, сколиоза и лордоза. Седенето в неправилна поза повишава риска от намаляване на гъвкавостта на гръбнака и хернирани гръбначни дискове.

Физиологичните последици се изразяват в нараняване на тъканите, нарушаване на циркулацията на телесни течности, важни хормони и химически съединения, промени в мускулите и костите.

Когато кръвообращението, циркулацията на кислород, важни хормони и химикали не протичат ефективно, мозъкът става ленив. Така настроението и положителната самооценка намаляват. Продължителното седене повишава риска от появяване на социална тревожност.

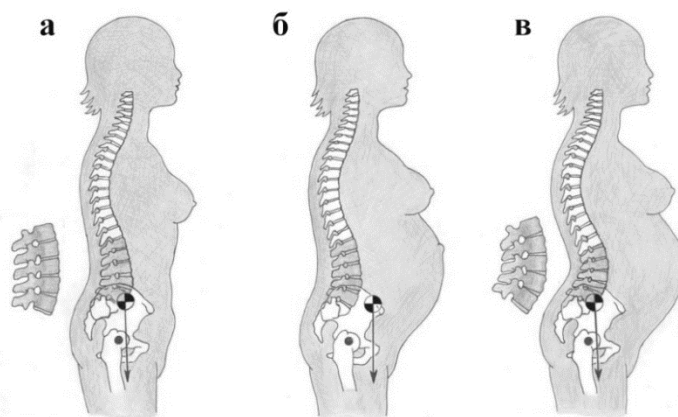
#### **1.2. Човешката анатомия, анатомични дадености и взаимовръзки със седяща работна поза**

За дизайна на средство за седене, разглеждан в логиката на биоинспирирания дизайн, следва да се търсят природни механизми, които да помогнат за решаване на проблемите, които са следствие от дълготрайното седене.

Строежът, пропорциите и връзките на гръбнака и таза при хората показват адаптации към бипедализма. Заедно с работата на мускулите осигуряват строеж и движение в бипедална стойка.

Гръбначният стълб е единна система и движение в един от дяловете му водят до движения и в останалите. Движенията на гръбнака като флексия, екстензия и ротация, включват не само гръбначната колона, но и тазобедрените стави. [54, 56] Мускулите, които движат торса попадат в две

категории: мускули на гръбнака и мускули на коремната стена, и съставляват подобие на корсет. [3, 54]



**Фигура 1. 11** Промяна на лумбалната извивка и мястото на центъра на тежестта при бременна жена при напредване на бременността [88]

За хората е характерен силно изразен полов диморфизъм в структурата на лумбалния дял на гръбнака. Гръбнакът на жените се променя по време на бременност, така че да компенсира теглото на плода. Лумбалният (поясният) дял се удължава пропорционално, за да може бременната да запази бипедална стойка и движение с нарастване на плода (фиг. 1.11). Тази деформация причинява биомеханични натоварвания на гръбнака и тъканите около него. Проявяват се силите на срязване като повишени риск от изместване на лумбалните прешлени напред в сагиталната равнина и зачестяване на болки в кръста. [88]

Запазване на анатомичните дадености на съвременния човек, наред с еволюционните адаптации към бипедализма и раждането на плод с пропорционално по-голяма глава в сравнение на другите хоминини, са основна предпоставка за запазване на здравето на човека и възможността за продължаване на вида. Дизайнът на средства за дълготрайно седене трябва да е съобразен с тези дадености и да предотвратява увреждането им.

### **1.3. Теории и концепции за здравословно седене**

През миналия век мебелите за седене са проектирани, така че да осигуряват прав ъгъл при бедрата, коленете и глезените на седящия, но то не е естествено, защото колената са по-високо от тазобедрените стави и извивките на гръбнака всъщност се изправят, така че на практика седящият се бори с гравитацията. Коремните мускули извършват много работа, за да поддържат торса изправен, в резултат се изморяват и тялото се отпуска напред. [5, 87]

Първият, който стига до извода, че мебелите за седене, създавани до този момент, не отговарят на човешката анатомия, е д-р Бенг Акерблум. През 1948 г. публикува резултати от изследванията си относно размерите и формите на мебелите за седене. Полученият профил от ъгли и оразмеряване на мебелите е наречен „линия на Акерблум“, която заляга в дизайна на съвременните мебели за седене. [1, 5]



През 1953 г. Дж. Дж. Кийгън прави серия от рентгенови снимки на хора, легнали на една страна, които документират измененията на лумбалната област на гръбначния стълб при промяна на позата от стоеж през седене под прав ъгъл до наведена напред позиция. Естествената позиция при почивка, както когато човек лежи на една страна докато спи, запазва лумбалната крива, мускулите са в покой и добре балансирани, ставните ъгли са отворени, осигурява се по-голяма подвижност и премахва напрежението върху белите дробове и стомаха. [5, 87, 89]

Д-р Уасийм Башир потвърждава резултатите от изследването на Кийгън, че най-добрата поза за седене е ъгъл от  $135^{\circ}$  между тялото и бедрата. (фиг. 1.16) От трите пози на седене, които субектите заемат, тази причинява най-малка деформация на гръбнака в лумбалната област. Най-лошата поза е тази, при която тялото е преведено напред като при изгърбване над бюро (фиг. 1.17). Резултати близки до тези има позата, при която тялото е под прав ъгъл спрямо бедрата, гръбът е изправен и бедрата са успоредни на пода (фиг. 1.18).



Фигура 1. 16 Гръбнакът при седяща поза, при която бедрата са под ъгъл  $135^{\circ}$  спрямо гърба [89]



Фигура 1. 17 Флексия напред при седене (прегърбване напред) [89]



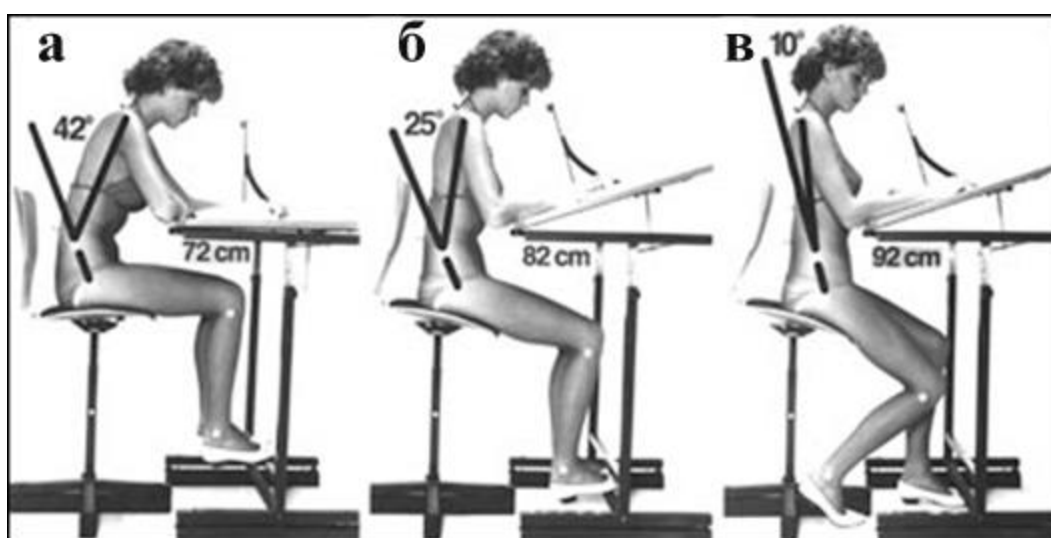
Фигура 1. 18 Седене, изправен под  $90^{\circ}$  [89]

Патрис Уинтър, физиотерапевт и научен сътрудник на Американската академия на по ортопедична физиотерапия, твърди, че оптималната поза на

седене би била такава, при която ъгълът между тялото и бедрата е около  $120^{\circ}$ , а не  $135^{\circ}$ , при която седящият би паднал от средството за седене. [5, 89]

Тялото може да се прегъне напред в тазобедрените стави само  $60^{\circ}$ , останалите  $30^{\circ}$  до седенето с прав ъгъл между торса и бедрата се дължат на промяна на наклона на таза и промяна на лумбалната извивка.

Д-р А. Мандал провежда експеримент, при който наблюдава ефекта от промяната флексията на торса при седене в три пози на седене и взаимовръзката на равнината на седане и равнината на работа. Последната поза на седене (фиг. 1.20в) с понижена височина на повърхността на стъпване, която симулира най-високата избрана повърхнина на седене и на работа, е еднаква с естествената позиция на почивка. при която мускулите не са напрегнати и тялото е в балансирана поза на седене – най-подходяща за дълги периоди на седене.



Фигура 1. 20 Експеримент на д-р Мандал [87]

Активното седене позволява или насърчава човек да се движи. Един от най-важните доводи в полза на активното седене е, че след десет годишна възраст гръбнакът и тъканите около него губят възможността да се хранят и да изхвърлят отпадните вещества сами. Това става само чрез пасивна осмоза, която е следствие от движението. Вярва се, че активните и контролирани позиции на тялото при седене активират и заздравят мускулите на корема и гърба, облекчават статичните натоварвания, действащи на ставите, ставните връзки и сухожилията.[5, 56]

Изследвания показват, че активното седене може да облекчи напрежението, което гръбнака понася по време на дълготрайно статично седене, и е подход за овладяване на болката в долната част на гърба. Резултати от изследване за непосредствените ефекти от активното седене върху подвижността на долната част на гърба при младежи показва, че продължителното активно седене може да предотврати намалението в обхвата на движение при флексия и екстензия, която се извършва предимно в лумбалния дял на гърба, след двучасов период на седене. [63, 68, 70]

Опората за лумбалната област се явява от голямо значение за поддържане на естествените извивки на гръбнака и правилното предаване на тежестта на горната част на тялото към средството за седене. Това предполага нужда дизайнът на средства за седене да предвижда възможност за индивидуално настройване на характеристиките на областта от опората за гърба, която е в контакт с лумбалния дял на гърба. Опора за гърба, която е настроена спрямо седящия и настроена спрямо антропометричните му характеристики се счита за най-важната характеристика на средството седене. [1, 56, 72]

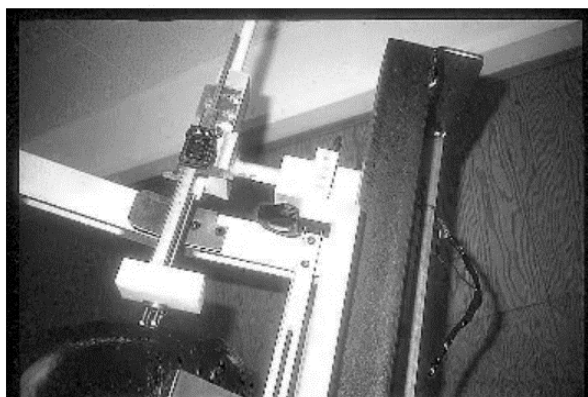
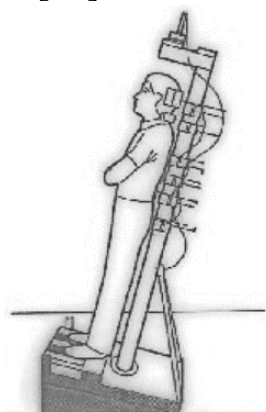
Учени от университета Cornell дефинират диапазона на височината на кривата в лумбалната област. Според тях тя трябва да бъде между 15,24 мм и 50,8 мм. [85].

#### 1.4. Стандарти, свързани със седенето, и тестване на седенето

Стандартите по света за устройства за седене формулират изисквания към тях по отношение на размери, механични качества и показатели за безопасност. Спрямо тях се разработват методи и машини за проверка на формулираните изисквания. С оглед да се гарантира качествен и безопасен продукт за крайния потребител устройствата за седене е целесъобразно да бъдат съобразени със стандартите, които касаят съответния продукт.

Свиването на гръбнака се припознава като показател за силите на натиск, които действат върху гръбнака. Измерването му става чрез стадиометър (фиг. 1.22). [8, 80]

Стадиометричното измерване като цяло трябва да се извършва във връзка със субективни измервания като скалите за дискомфорт в дадена част на тялото или визуалните аналогови скали. Стадиометърът и промяната в стойката при седене имат потенциала да осигурят по-значима информация за качествата на дизайна на устройство за седене от електромиографично изследване. [80]



Фигура 1. 22 Стадиометър [80]

## **1.5. Същност на биоинспирираните (научни) дисциплини**

Природата винаги е била източник на вдъхновение за решаване на дизайнерски проблеми. В последните години методите за биоинспириран дизайн стават необходим начин за проектиране, защото те предлагат по-дълбок анализ и разбиране на природата, както и съобразяване с изискванията за устойчив дизайн. Нуждата от устойчивост на проектирането и производството става все по-голяма като спешна стъпка в промяната към отношението към екологичните проблеми на Земята. Така се налага да се търсят нови начини за достигане на резултати от дизайнерския синтез на концепции и решения. [6, 12]

## **1.6. Био-инспириран дизайн, базиран на проблем или на решението**

Перспектива, която избягва проблема с точното название на биологично инспирираните дизайнерски и инженерни дисциплини, е тази, която дефинира подходите за дизайн спрямо причината за създаване на съответното решение: подход „отдолу-нагоре“ (също така наричан и „ориентиран към решението“ и „старт на биологична основа“) и подход „отгоре-надолу“ (наричан и „ориентиран към проблема“ или „старт с технологична нужда“). [6, 13, 14]

## **1.7. Методика на биоинспирирания дизайн**

Дизайнът на множество създадени от човека системи е вдъхновен от природния свят, но интересът към систематизирането на този подход е относително нов. Био-вдъхновеният подход към дизайна се нуждае от задълбочен анализ, за да бъде прилаган в практиката. Главното значение на биологичното знание в дизайнерския процес е, че разширява полето на знанието чрез разликите между природните системи и системите, проектирани от човека, разширява се и полето на концепциите чрез отчитане на насоки, които досега не са изследвани в дизайна. Подходът се явява подходящ при нужда от създаване на иновативни дизайнерски решения. [14]

## **1.8. Биологични функции с потенциално приложение**

Търсенето на природни решения за биоинспирирания дизайн може да се търси по отношение на функцията, конструкцията и материалите на проектираната система. [14]

Когато се говори за решаване на проблемите, свързани с дълготрайното седене и средствата за седене, трябва да се търсят биологични образци с поведение или устройство, което може да стане основа за аналогия, решаваща проблемите, свързани със седенето. Това може да са технологични, ергономични или други проблеми. Конструкцията до голяма степен определя експлоатационните и функционални качества на устройството за седене, а материалите от своя страна определят свойствата на конструкцията. Така

разграничението в качествата на биологичните образци е доста условно. Дадено качество от биологичното царство, дори непряко свързано с действието седене, може да отговори на функционалните и експлоатационни изисквания, поставени към изделието.

### **1.9. Биологични конструкции с потенциално приложение**

При средствата за активно седене конструкцията трябва да осигурява динамика на седящия. Този вид конструкции са подложени на динамично натоварване, което води до по-бързо износване на детайлите и възлите на изделието. Също така динамиката трябва да има определени характеристики – допустими ъгли на отклонение от равновесната позиция, интензивност и натоварване на движението. [56].

Често динамиката при средствата за активно седене се достига чрез сложни механизми и сглобки. За опростяване на конструкцията и подобряване на технологичността и надеждността може да бъдат търсени възможности за аналогии в посока премахване на тези възли и подобряване на седенето.

### **1.10. Биологични материали с потенциално приложение**

Биоинспирираните материали са синтетични материали, чиято структура, характеристики или функция имитират тези на естествените материали или живата материя. [28] По отношение на материалите, използвани за направата на устройствата за седене, трябва да се отчита, че качествата на материала определят голяма част от характеристиките на конструкцията и функционалността.

От особен интерес представляват материалите, които спомагат за уякчаване на конструкцията на мебелта. Така би се подобрило поемането на конструктивни натоварвания – натиск, механично, износване, напрежения. Природните материали могат да спомогнат и за предотвратяване на конструктивни разрушения – изкълчване, деформации, умора и разрушаване. Такива качества са особено полезни при конструкция, подложена на динамични натоварвания, като средствата за седене и най-вече средствата за активно седене. Множеството движещи се части при средствата за активно седене изискват ефективно смазване - още една насока за търсене на подходящи решения в природата.

### **1.11. Устойчив и регенеративен дизайн**

Устойчивият дизайн е философия за създаване на обекти, жизнена среда и услуги, които са съобразени с принципите за социална, икономическа и екологична стабилност. Идеята на устойчивия дизайн е напълно да се премахне негативния ефект върху околната среда чрез средствата на дизайна. [33] Продуктите на устойчивия дизайн се характеризират с това, че системите се произвеждат от възобновяеми източници и в края на жизнения си цикъл

стават суровина за производството на друга система. [50] Създадените продукти и услуги имат минимален ефект върху околната среда и така свързват хората с естествената среда. Концептуални проблеми на устойчивия дизайн са: намаляваща възвръщаемост, неустойчиви инвестиции и негативни ефекти на отпадъка. Намирането на решение на тези проблеми би премахнало пречките пред въвеждането на устойчивия дизайн в бизнес практиката.

За решаване на екологичните проблеми автори като Даниел Вал считат, че концепцията на устойчивия дизайн не е достатъчна и предлагат, че същностно решение е това хората да осъзнаят, че са част от природата. Необходимо е създаденото от човека да се подчинява на принципа на природата за създаване на по-нататъшни условия за живот – регенеративен дизайн. Джон Т. Лайл и много други автори, както и Бил Рийд и екип в Редженесис (Regenesis) създават ясна дизайн рамка за регенеративно развитие - описва се постепенно включване на по-дълбоки нива на изучаване от природата, до имитирането ѝ, възстановяването и грижата за нея. Хората са част от природата и като такива са способни да творят, проектират, правят дизайн като нея. [51]

### **Изводи:**

1. Правилната поза на седене е тази, която запазва естествените извивки на гръбнака, както и не претоварва или остава неактивни мускулите на торса и таза за дълги периоди от време. Правилната поза на седене не нарушава циркулацията на кръв, тъканната течност и лимфа в долните крайници.

2. Дълготрайното статично седене, както и седенето в несъобразено с анатомията на човека средство за седене, причинява увреждане на здравето на седящия човек на физическо, физиологично и психическо ниво.

3. Човешката анатомия е подходящ биологичен аналог за заимстване на принципи, които да залегнат във формулирането на изисквания за дизайн на средство за дълготрайно активно седене.

4. Половият диморфизъм и значението му при износване на плод при бременност може да изискват дизайн на средства за дълготрайно седене, който е различен за двата пола.

5. Строежът и връзките на гръбначната колона, които са получени в процеса на еволюцията, са ключови за способността на човека за стоеж и движение на два крака (бипедализъм).

6. Гръбначният стълб е единна система, която работи правилно само когато са запазени естествените извивки, и движение в един от дяловете му водят до движения и в останалите.

7. Групите мускули, които стабилизират гръбначния стълб по време на седене, съставляват подобие на корсет.

8. Половият диморфизъм при човека в лумбалната област на гръбнака, който благоприятства жените при износването на плод.

9. Седенето под  $90^{\circ}$  не е естествено, защото колената са по-високо от тазобедрените стави, което предизвиква изправяне на извивките на гръбнака, тоест седящият се бори с гравитацията.

10. Опора за гърба, която е настроена спрямо седящия и настроена спрямо антропометричните му характеристики се счита за най-важната характеристика на средството седене.

11. Множеството научни изследвания, които доказват негативни последици от статичното дълготрайно седене за здравето на човека и концепциите за достигане на здравословно дълготрайно седене водят до извода, че дизайнът на средствата за дълготрайно седене трябва да бъде преосмислен.

12. Активното седене се явява концепция за дизайн на средства за дълготрайно седене, която заслужава вниманието на дизайнерите. Чрез изследване на естествения обхват на движенията на гръбнака, таза и краката, които не причиняват наранявания на тъканите и не водят до негативни последици за здравето на седящия, може да се достигне до формулиране на изисквания за дизайн, които да предпоставят здравословни мебели за седене.

13. Биоинспирираните дисциплини може да предложат подход към решаването на проблемите на дълготрайното седене.

14. Биоинспирираните модели не изискват задължително висока степен на биологична точност, а заимстване на принципа.

15. Прилагането на аналогии от биологичното знание в дизайна и инженеринга на активни средства за дълготрайно седене може да се приложат по отношение на конструкцията, материалите и функцията на системата.

16. Устойчивостта на дадено изделие трябва да се заложи още на етапа на дизайнерско проектиране.

17. Стадиометърът и промяната в стойката, комбинирани с проследяване на субективни показатели, по време на седене са най-подходящи за проверяване на качествата на дизайна на устройство за седене.

18. Дискомфортът е еднозначен за потребителите, когато те биват попитани да определят нивото на дискомфорт за определени части от тялото.

## **ГЛАВА 2. АНАЛИЗ НА ОБЗОРА И ИЗГОТВЯНЕ НА КЛАСИФИКАЦИЯ**

### **2.1. Анатомични дадености на човека във връзка със седящата работна поза и негативните последици за здравето в следствие на дълготрайното седене**

Човешкото тяло представлява интерес поради това, че опазването на неговото здраве е предизвикателство към съставянето на адекватни изисквания от гледна точка на дизайна на средства за дълготрайно седене.

Анатомичните дадености на човека показват важността на лумбалната област на гърба по отношение на бипедалната стойка и движение. Дълготрайното седене има негативни последици именно там, като неправилната стойка на седене поставя в неестествени ъгли таза спрямо гръбнака и предизвиква изменения по цялата гръбначна колона до главата. Това води до вредни изменения и в мускулите, сухожилията и лигаментите в тези области. Тъй като тялото е единна система и промени в една част от

системата водят до промени в останалите ѝ части, а и в цялата система. Следователно поза на седене, която променя естествените извивки на гръбнака носи негативни последици за здравето на седящия.

Лумбалната лордоза, както и работата на мускули, сухожилия и лигаменти, позволява тежестта на горната част на тялото, ръцете и главата да бъдат носени от краката. Благодарение на строежът на прешлените от този дял, таза и връзките между тях става възможно движението и стоежът на два крака при хората, бипедализъм. Тези еволюционни анатомични придобивки за бипедална стойка и движение са важни и за здравословното износване на плода при бременност.

Женският гръбнак е по-различен от мъжкия и увреждането му в следствие на дълготрайното седене може да се отрази негативно по време на бременност. Тоест може не просто да се наруши естетиката на стойката (увисналите рамене надолу и напред с оформяне на С-образна кифозна гърбица се считат за неестетични), но и да доведе до по-силни болки, травми и/или дори приплъзване на прешлените един спрямо друг.

Строежът и функцията на гръбначната колона и връзките ѝ с таза, както и самият таз, са едно от основните биоинспирирани елементи в настоящата работа. Ако гръбнакът може да работи ефективно само когато са запазени неговите естествени извивки, дизайнът трябва да подложи на анализ и да разбере какво определя тези извивки, кое може да ги запази и как това да се приложи в средство за дълготрайно седене.

Дизайнът на средство за дълготрайно седене не е задължително да повтаря естетиката на формообразуването на биологичния аналог. Така елементите на средството за дълготрайно седене не трябва да повтарят формообразуването на частите на човешкото тяло, както и на тези, които поддържа за дълъг период от време. Логиката на биоинспирирания дизайн не поставя такова изискване. По-важно е да бъде разбран принципът на действие спрямо дизайнерския проблем.

Заради изразения полов диморфизъм в строежа на лумбалната област и таза при хората може да се търси различна нужда от опора при двата пола. Тъй като жените имат по-изявена лумбална лордоза в сравнение с мъжете, може да се предположи, че те имат нужда от по-изявен релеф в областта на лумбалната опора на опората на гърба. При мъжете може да се очаква, че по-изявен релеф в зоната на лумбалната опора на средството за седене би предизвиквал дискомфорт и ускорено сплескване на междупрешленните дискове (намаляване на ръста).

Физическите негативни последици от неправилна поза на седене могат да се избегнат със залагане на възможност за настройване на средството за седене спрямо седящия. Важна характеристика на средство за седене е колко дълговерменно ще се седи в него. Така средство за дълготрайно седене налага да се предвиди тапицерия с повишена издръжливост на механично натоварване. Активността по време на седене и по-добрата циркулация на



телесни течности биха допринесли към избягване на увреда на тъканите по седалището и горната част на бедрата.

## **2.2. Теории и концепции за здравословно седене**

Тъпият ъгъл на седене запазва естествените извивки на гръбнака при седене, което е предпоставка за избягване на много от негативните последици на дълготрайното седене. Чрез осигуряване на поза на седене с ъгъл от  $135^{\circ}$  между бедрата и гърба и наклон на седалната повърхност напред в сагиталната равнина на тялото се осигурява здравословна поза на седене. Обаче, ъгъл с толкова голяма стойност поставя предизвикателства пред дизайна по отношение на това как човекът да не се приплъзне напред поради наклона на повърхнината на седене. Затова с оглед на оптимално решение за средство за дълготрайно седене трябва да се търсят стойности на ъгъла между опората за гърба и повърхнината на седене от около  $100-110^{\circ}$ . Така дизайнът ще осигури на седящия поза на седене, при която движенията в тазобедрените стави, на таза и лумбалния дял на гръбнака са близки до естествената стойка на човек. В същото време приплъзването напред и надолу по повърхнината на седене би била избегната.

Дизайнът на средство за активно дълготрайно седене трябва да предразполага седящият да променя позата си по време на седене между пози на седене, които са близо до естествената стойка на гръбнака и в обхвата на движение на ставите между прешлените и тазобедрените стави. Изследвания сочат, че движенията в две равнини създават опасност от увреждане на междупрешленните дискове следователно те трябва да се ограничават. Ротацията трябва да се прилага в дизайна на активно средство за седене с известни ограничения: първо, трябва да се избягват комбинациите от движения в две равнини; второ, ротациите от  $2^{\circ}$  за гръбначен сегмент (два съседни прешлена с диска между тях) биват полезни.

Половият диморфизъм на човека показва, че може би жените имат нужда от по-изявен релеф на лумбалната опора от мъжете. Дефинираните стойности от университета Cornell показват диапазона на височината на лумбалната опора и могат да бъдат отправни във формулирането на изискване към стойностите на опорите за двата пола. 15,24 мм лумбална опора при мъжете и 50,8 мм за жени.

## **2.3. Същност и методика на биоинспирираните дисциплини в аспект на дизайна**

При търсене на подходящи аналози и научни разработки, които могат да допринесат за решаването му, се стигна до извода, че човекът е най-подходящият биологичен аналог, чиято анатомия трябва да бъде заимствана при проектирането на средства за седене. При дълготрайно седене човек и средството за седене са в дълговременен, почти постоянен контакт, тоест дизайнът му има значително влияние върху човека и тя може да се разглежда

като „черупка“ или „екзоскелет“. Най-важният аспект на заимстване трябва да е същностната конструкция и начин на функциониране на човека, така че те да бъдат незасегнати от седенето. Степента на имитиране на анатомията на човека или нейни части във формообразуването и естетиката на средството за дълготрайно активно седене не влияят толкова на функционално-експлоатационното предназначение на средството за седене, освен в случаите когато това е залегнало в изискванията към дизайна.

За настоящата работа подходящ подход към дизайнерско проектиране на средство за дълготрайно активно седене би бил „отгоре-надолу“. Наличен е проблемът за вредите от дълготрайното седене, в следствие на който са търсени биологични аналози, които могат да донесат биологично решение, което да бъде приложено в процеса на проектиране (табл. 2.1).

#### **2.4. Биоинспирирани изследвания с потенциално приложение в дизайна на средство за дълготрайно седене**

В природата човекът може би е единственият бозайник, който извършва толкова дейности в седяща работна поза и би следвало механизмите и принципите на човека да станат биологично вдъхновение за разработване на дълготрайна „черупка“ на човешкото тяло. Така бяха разгледани структурата, връзките и принципите на човешкото тяло в областта на таза и гръбнака (табл. 2.1).

**Таблица 2. 1 Представяне на принципа "отгоре-надолу" в биоинспирирания дизайн на средство за дълготрайно седене**

Отгоре-надолу	
Начална точка	Проблем – вредите следствие от дълготрайното седене.
Търсене на аналогии	Човекът се явява подходящ биологичен за търсене на аналогии, които да се приложат в дизайна на средство за дълготрайно активно седене.
Избор на подходящ принцип	Строежът и функцията на: лумбалния дял от гръбначната колона, връзката гръбнак – таз, тазовата кост.
Синтез	Съставяне на изисквания към дизайна на средство за дълготрайно активно седене.
Приложение	Прилагане на изискванията в прототип.

#### **2.5. Устойчив и регенеративен дизайн**

Биоинспирираните дисциплини и логика на проектиране водят до изискването за промяна в отношението към по-добро спрямо околната среда и възплъщаване на авангардни начини на производство, така че новопоявилният

се продукт да вреди възможно най-малко на природата. Реалистично изискване към настоящият момент и ниво на технологията е да се използват рециклирани компоненти, текстил и елементи на конструкцията. Идеална цел е напълно безотпадно производство и възможност конструкцията след края на жизнения ѝ цикъл да стане суровина за нови продукти и/или да може да се върне в природата без да това да има вреда за нея, а напротив да може да се компостира например.

## 2.6. Изисквания към дизайн на средство за дълготрайно седене

Таблица 2. 2 Функционално-експлоатационни изисквания към дизайна на средство за дълготрайно активно седене

		Изискване	Пояснение
<b>Основни изисквания</b>	1	Да не причинява увреждане на тъканите в натоварените зони на седящия.	Седенето съсредоточава тежестта на седящия в тъканите около седалищните върги и бедрата му. Неправилните размери на мебелта за седене или лоша тапицерия могат да увеличат натоварването на тези уязвими части, да затруднят циркулацията и в крайна сметка да причинят увреждания. Неправилната поза при седене може да увеличи риска от образуване на увреждане на тъканите около тазовите израстъци.
	2	Да не предразполага към сакрално седене.	„Сакрално седене“ - когато потребителят отпусне тялото си и по този начин се приплъзне напред в мебелта за седене, т.е. седи изгърбен. Причината може да бъде когато дълбочината и височината на седене са твърде големи или мебелта е неудобна за активно седене. Ако седящият не може да променя позата си, най-честата последица е седене с опора върху кръстеца.
	3	Да предотвратява развитието на кифоза.	Когато потребителят се е „свлякъл“ напред до седене с опора върху кръстеца, главата инстинктивно се премества над таза. Така гръбнакът образува неестествена дъга или кифоза. Ако позата на седене не се коригира, ще се превърне в постоянна стойка, водеща до дискомфорт и затруднения с преглъщането и общуването. При избор на мебел за седене за потребител с кифоза е важно да се подбере облегалка, която не

		подпира гърба над най-издадената му част, защото това може да усложни положението.
4	Да предпоставя „правилна поза” на седене.	„Правилна поза” - такава, при която противоположните мускулни групи са балансирани и естествената линия на лумбалната извивка е запазена. Така се получава балансирано седене, при което гръбнакът е изправен, ставните ъгли са отворени и мускулите са в покой. Тази позиция предпоставя подвижност и премахва напрежението върху белите дробове и стомаха. Тя е такава, при която противоположните мускулни групи са балансирани и лумбалната извивка е запазена.
5	Да не предразполага към промяна на наклона на таза и абдукция.	<p>Когато седящият се накланя на една страна и тежестта на тялото се премества само върху единия израстък на таза – променя се наклона на таза. Главата и раменният пояс се стремят да компенсират тази промяна чрез накланяне в противоположна посока. По този начин се получава S-образна извивка на гръбнака във фронталната равнина и се развива сколиоза. Ако не се вземат мерки, съществува риск сколиозата да се превърне в постоянно положение на тялото.</p> <p>Когато потребителят се е свлякъл напред до седене с опора върху кръстеца, вероятността от абдукция се увеличава. Перманентна абдукция на бедрата означава извиване на бедрата навън и раздалечаване на колената, при което тяхното приближаване е много трудно или невъзможно. Проблемът е причинен от накланянето на таза назад.</p>
6	Да не нарушава циркулацията на кръв, тъканна течност и лимфа в долните крайници.	Циркулацията може да бъде затруднена от седене в неподходяща мебел, особено ако повърхността за седене е твърде висока, кръвният поток към долните крайници ще се наруши. Когато циркулацията е затруднена, рискът от увреждане на тъканите се увеличава многократно и седящият може да страда от изтръпване и разширени вени.

			Лошата циркулация може да доведе и до задържане на течности и отоци в краката.
<b>Параметрични изисквания</b>	7	Да се осигури предпоставена динамика в седяща работна поза – „активно седене”.	Активното седене е когато седящият извършва микродвижения докато седи на средството за седене. При него се активират и заздравяват мускулите на торса, облекчават се статичните натоварвания, действащи на гръбнака, подпомага се циркулацията на кръв, тъканна течност и лимфа и се елиминират отпадните вещества. Така динамиката води до правилна поза на седене. Тя следва да се осигури чрез динамична опора на седалищните върги чрез възможност за наклон и ротация на таза.
	8	Да се търсят микродвижения, близки до естествената стойка на гръбнака.	Микродвиженията са тези, които не поставят прешлените и междупрешленните дискове под напрежения, които ги поставят в риск от увреда.
	9	Ротацията на таза да не се комбинира с наклон на таза.	Ротацията на таза се постига чрез възможност за завъртане на седалната повърхност. Комбинацията между ротация и наклон на таза предпоставя вредни напрежения върху междупрешленните дискове и фасетните стави на прешлените.
	10	Повърхнината на седене да осигури ротация под 2 <sup>0</sup> за гръбначен сегмент.	Сегмент - два прешлена с междупрешленен диск между тях. Аксиалната ротация по вертикала на гръбнака повишава риска от нараняване, частично заради повишеното натоварване на натиск върху гръбнака. Фасетните стави на гръбнака се сплескват, междупрешленните дискове се усукват и едни лигаменти се стягат спрямо отпускането на други. Много малката ротация - под 2 <sup>0</sup> за гръбначен сегмент, отговаря на естествения обхват на движение на сегментите, изграждащи гръбнака, и е от полза.
	11	Да не ограничава седящият в	Всеки човек създава индивидуален алгоритъм на движение. Хората създават

	индивидуалния му алгоритъм на движение.	специфични за самите тях алгоритми на движение при седене, които Флейшер (1987 г.) сравнява с личния почерк („като последователност от мисли за движения за създаване на субективна спецификация на команди, която определя кои мускули ще действат в даден момент и с каква интензивност”). С цел максимална кинематична съвместимост със средството за седене и комфорт (емоционален и психически) на потребителя е полезно индивидуалният му алгоритъм на движение да не бъде ограничаван .
12	Средството за седене да провокира промяна на позата на седене.	За избягване на негативните последици от дълготрайното седене.
13	Средството за седене да позволява облягане назад с увеличаване на ъгъла между бедрата и гърба.	Тази поза облекчава товара върху гръбнака и мускулната работа, облегалката стабилизира позата, облекчавайки усилието за преодоляване на гравитацията. Тази поза е считана за близка до естествената за гръбнака при почивка, тежестта на горната част от тялото в голяма степен се предава на облегалката и не натоварва долната част на гърба, както и ъгълът между бедрата и гърба, ставайки по-отворен премахва вредното завъртане на таза.
14	Центърът на тежестта на средството за седене и центърът на тежестта на седящия трябва да са съгласувани.	Съгласуването осигурява опора при динамичното седене и условия за баланс на средството за седене като цяло.
15	Потребителят да може в седнало положение да настройва височината на подлакътниците.	Това се прави с оглед постигане на индивидуален комфорт на седящия.

16	Да се осигури контакт на стъпалата с повърхности, които да стабилизират допълнително тялото.	Липсата на контакт на стъпалата с основата предизвиква свличане на потребителя в средството за седене, което води до сакрално седене, и води до нарушаване на циркулацията в долните крайници.
17	Тазът да контактува само със повърхнината на седене.	При контакт на таза с облегалката той може да се наклони назад в сагиталната равнина, което променя естествената кривина на лумбалната извивка на гръбнака и така правилната поза на седене се нарушава.
18	Да се осигури лумбална опора за гърба.	При дълготрайно седене лумбалната опора на облегалките помага за поддържане на естествената лумбална лордоза (кривина), за разлика от облегалките без лумбална област опора.
19	Лумбалната опора да е в съответствие с разликите между мъжката и женската анатомия на гърба.	Анатомичните разлики в лумбалния дял на гръбнака (брой прешлени, изграждащи извивката, скосяване на прешлените) предполагат нужда от различен релеф на опората в тази област.  Лумбалната опора трябва да е от 15 мм до 50,8 мм. напред от опората за гърба на средството за седене.
20	Опората за гърба да се движи заедно със седящия.	За да се пази естествената S-образна извивка на гръбнака при активно седене, опората за гърба трябва да е в непрекъснат контакт с потребителя.
21	Степента на подвижност на опората за гърба и височината на лумбалната опора да се настройват индивидуално.	Характеристиките на опората за гърба варират между различните индивиди и могат да се променят с течение на времето, дори при един и същи индивид.
22	Средството за седене да позволява	Поза на седене с ъгъл по-малък от 90 <sup>0</sup> (навеждане напред, флексия) води до увеличаване на риска от херниране на диска

	заемане на работни пози, с ъгъл между тялото и бедрата над 90°.	и увреждане на задните гръбначни лигаменти. Дълготрайно седене с поза при ъгъл 90° не може да бъде поддържана дълготрайно, защото настъпва мускулна умора. Тази поза причинява увреждане на тъканите и неудобство. По-отвореният ъгъл на седене възвръща естествената поза на гръбнака и таза, което премахва напреженията върху тъканите и риска от увреждането им.
23	Да се улесни изправянето до стоеж.	Изправянето от седеж до стоеж е една от способностите, по които се определя способността на индивида да се самообслужва и да извършва обичайните ежедневни активности.
24	Тапицерията да не се деформира под тежестта на седящия.	
25	Дамаската да не допуска плъзгане на седящия.	

**Таблица 2. 3 Конструктивно-технологични изисквания към средство за дълготрайно активно седене**

	<b>Изискване</b>	<b>Пояснение</b>
	<i>Посадъчният макет се изпълнява с оптимален брой готови възли и детайли.</i>	
1	Центърът на тежестта на стола да е близо до този на седящия в него.	Това гарантира седящият да се движи свободно, улеснява/обезпечава промяна на позата и предотвратява опората за гърба да увлича или задържа дрехите му при постоянния контакт с нея.
2	Крепешните елементи на конструкцията да не излизат извън габаритните размери на средството за седене.	За предпазване от нараняване на потребителя и облеклото му.



3	Подмяната на колелцата да се извършва без специални инструменти.	Готови елементи от серийно производство.
4	Колелцата да могат да се заменят с тапи за статичност.	Има случаи, в които е нежелателна цялостната мобилност на средството за седене и в тези случаи се предвиждат тапи за статичност вместо колелца.
5	Конструкцията на средството за седене да се съобрази с тежестта и натоварването, упражнявано от потребителя.	Обезпечаване на безопасността за потребителя и предотвратяване на риск от повреда или разрушаване на конструкцията.  Стандарт БДС EN 1335-1:2003 „Офис мебели. Офис стол за работа. Част 1: Размери. Определяне на размерите” е формулиран за тежест на седящия до 110 кг.
6	Механизмът за движение да се изчисли правилно спрямо (съобрази със) с динамичното натоварване от потребителя.	
7	Механизмът за вертикална регулировка да бъде с газов амортизатор.	Газовите амортизатори осигуряват плавно вертикално движение при сядане и изправяне от мебелта, имат добри силови показатели и възможност за движение нагоре-надолу при седене. Готови елементи от серийно производство.
8	Механизмът за вертикална регулировка да бъде „облечен“ в предпазен маншон.	За предпазване от нараняване на потребителя и облеклото му. Готови елементи от серийно производство.
9	Стандарт БДС EN 1335-1:2003 „Офис мебели. Офис стол за работа. Част 1: Размери. Определяне на размерите” е формулиран за тежест на седящия до 110 кг:  <i>„Изпитванията в точки 7, 8 и 9 се основават на 8 часова употреба дневно от лица с тегло до 110 кг. За по-високи</i>	От което следва да се заключи, че това е стандартното тегло, за което се проектират офис средствата за седене.

	<i>натоварвания е необходимо да се повишат изискванията.”</i>	
10	Да се използват рециклирани и рециклируеми материали и устойчиви производствени технологии.	Устойчивият дизайн предполага безотпаден цикъл на потребление и производство.

## 2.7. Изводи

Средство за дълготрайно седене, което комбинира седяща поза с тъп ъгъл между бедрата и гърба с контролирани безопасни микро движения, би могъл да намали или премахне вредата от дълготрайно седене на мебел.

Приложение на движенията, заложи в дизайна на средство за дълготрайно седене, биха предотвратили риска от увреда на гръбнака.

Биоинспирираните дисциплини и логика на проектиране водят до изискването за промяна в отношението към околната среда и въплъщаване на авангардни начини на производство, така че новопоявилите се продукти да вредят възможно най-малко на природата.

## ГЛАВА 3.

На база изведените изисквания са разработени три итерации на тестови прототип на функционално ниво. Първата итерация бе отхвърлена поради това, че не отговаря на наличния машинен парк. Втората – поради това, че качествата на конструкцията затрудняват функцията и експлоатацията. Третата итерация отговаря в оптимална степен на формулираните изисквания към функцията и конструкцията на средство за дълготрайно активно седене. Изработени са два тестови прототипа с използване на налични готови детайли и възли.

Проучени са начините за тестване на средства за седене, подбран и адаптиран е метод за тестване на средство за дълготрайно активно седене. Разработени са следните средства за тестване на прототипа: първичен въпросник - описание на характеристиките на всеки един субект; въпросници за проследяване на субективното състояние на субектите; протокол на изследователя; формуляр за информирано съгласие за участие в експеримент за субектите; стена с мрежа за проследяване на промяната на стойката при седене; стадиометър с измервателен инструмент инкрементална линия с разделителна способност 0,005 мм.

Проведен е експеримент, който се състои от три етапа: I<sup>ви</sup> етап – проследява се и се документира състоянието на субекта при седене на обичайното средство за седене по време на работа. II<sup>ри</sup> етап – субектът седи на тестовия прототип с настройки на облегалката, които са подходящи за неговия пол. III<sup>ти</sup>

етап - субектът седи на тестовия прототип с настройки на облегалката, подходящи за противоположния пол.

В изследването участват три жени и двама мъже, всички анонимизирани. Четирима са във възрастова група от 25 до 49 години и един във възрастова група 50 до 64 г. Сред субектите няма такива с хронична болка в долната част на гърба или травми, свързани със седенето.

### **3.1. Представяне на резултатите**

Резултатите за всеки субект са представени в таблици, които обединяват данните от даден ден на изследването. В таблиците е поместено изображение, което показва как субектът променя стойката си през работния цикъл. Представена е субективната оценка на субекта за деня от въпросниците, които субектът попълва в началото и в края на работния цикъл. В дъното на всяка таблица са показани усреднените резултати за ръста и промяната на ръста на субектите при трите измервания за деня.

### **3.2. Анализ на резултатите**

При тестването стана ясно, че активната поза на седене е необичайна за тестваните субекти. Имаха нужда от напомняне за възможността да се движат в седяща работна поза, а не да използват обичайните начини за промяна на позата като кръстосване на краката, поставянето им на по-висока повърхност, облягане на един от подлакътниците.

Промяната на позата на седене между I-ви и II-ри етап на експеримента не бе отчетена от субектите в коментар.

Неудобство при първите сядания на тестовия прототип създаде подвижността на седалната повърхност при някои от субектите. Субектите отбелязаха, че са имали чувството, че биха паднали.

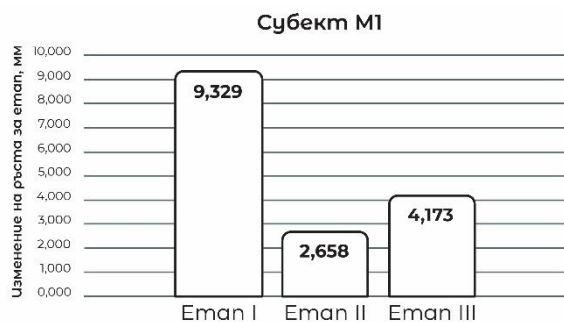
Някои от субектите отбелязваха усещане, подобно на това след масаж, след първия ден седене на тестовия прототип. То е необичайно за тези субекти, тъй като част от тях не могат да определят дали е хубаво или представлява дискомфорт.

Оразмеряването на тапицерията на тестовите прототипи бе изтъкнато като положителна характеристика. Предпоставка за добро разпределение и опора на тежестта на седящия.

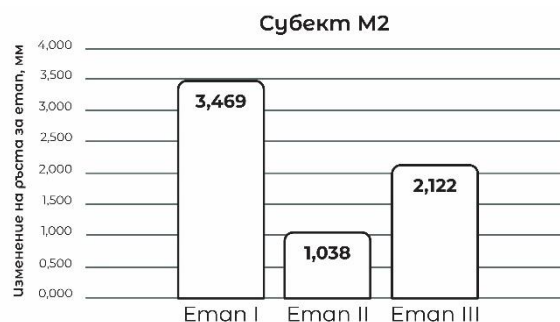
При по-тежките субекти материалът на тапицерията не осигури толкова комфортна опора, тъй като се деформира по време на седене.

Субектите от женски пол усетиха по-изявено смяната на тестовите прототипи между етап II и III.

Всички субекти изпитваха дискомфорт поради грешно предубеждение, че като участват в експеримент за изследване на седенето, се очаква от тях да прекарат цялото време в седяща работна поза и да прекъсват седенето само за нормирани паузи. Беше им изяснено, че целта на експеримента е да се проведе при условия, близки до обичайния работен процес.



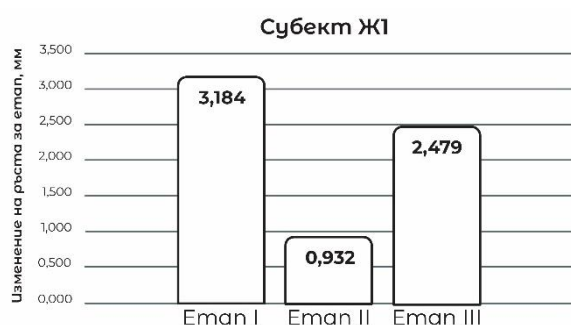
**Диаграма 3. 1 Средноаритметична стойност на изменението на ръста за трите етапа на експеримента при субект M1**



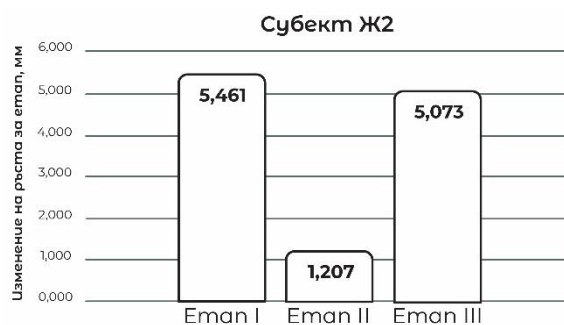
**Диаграма 3. 2 Средноаритметична стойност на изменението на ръста за трите етапа на експеримента при субект M2**

Резултатите при субектите от мъжки пол (диаграми 3.1 и 3.2) показват относително голямо изменение на ръста при по-младия мъж и малко изменение на стойката в сравнение с по-възрастния мъж M2. При M2 има относително малка промяна в ръста в рамките на ден работен цикъл, докато стойката при седене на обичайния стол, стойката се променя значително. Това може да се дължи на еластичността на междупрешленните дискове на гръбнака и по-тонизираната мускулатура на по-младия мъж.

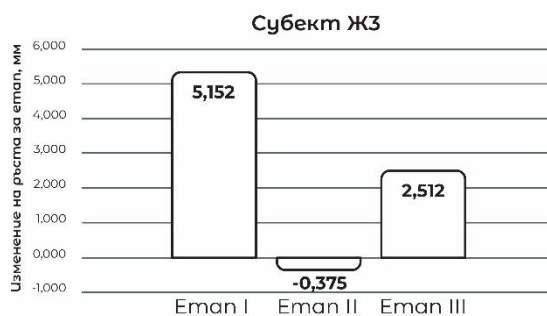
Резултатите на субектите от женски пол са показани на диаграми 3.3 до 3.5.



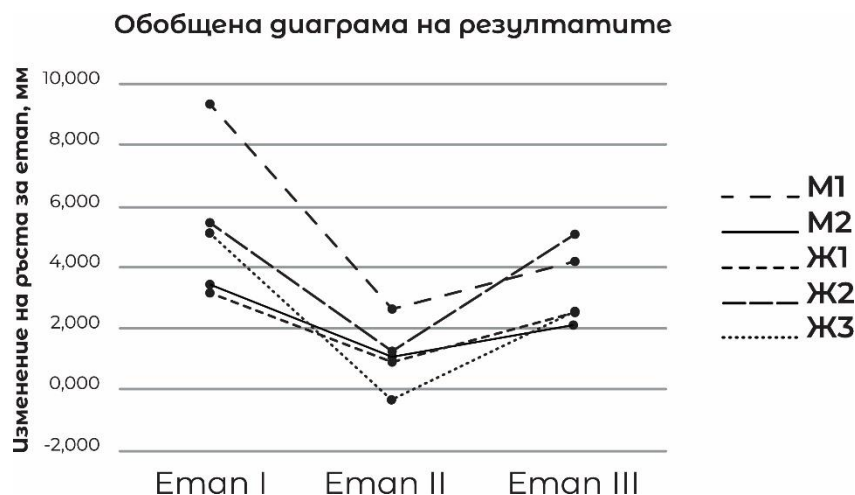
**Диаграма 3. 3 Средноаритметична стойност на изменението на ръста за трите етапа на експеримента при субект Ж1**



**Диаграма 3. 4 Средноаритметична стойност на изменението на ръста за трите етапа на експеримента при субект Ж2**



**Диаграма 3. 5 Средноаритметична стойност на изменението на ръста за трите етапа на експеримента при субект Ж3**



**Диаграма 3. 6 Тенденция на резултатите в експеримента**

На диаграма 3.6 се забелязва еднозначна тенденция в резултатите на всичките пет субекта. При седене на прототип с настройка на лумбалната опора спрямо пола на съответния субект (етап II), изменението на ръста е най-малко в сравнение със седенето през другите два етапа. Изменението при седенето на статично средство с ъгъл на седене около  $90^0$  е най-голямо при всички субекти, участвали в експеримента. Изменението през етап III (седене на тестовия прототип с настройки на лумбалната опора за противоположния пол на съответния субект) е по-голямо в сравнение с етап II и по-малко в сравнение с етап I. Наличните отрицателни стойности при резултатите са в границите на стандартното отклонение за съответните групи стойности.

За психо-емоционалното въздействие при седене на тестовия прототип не може да се изведе заключение от настоящия експеримент. Периодът на тестване е твърде кратък като цяло, както и за отделните етапи, за да бъде извлечена достатъчно информация за сравнение. Настоящите данни за промяната в емоционалното състояние са отражение на случилото се през съответния ден.

Отчитането на дискомфорт и болка не носи съществена информация дотолкова, доколкото не се отчита наличието им след седене на тестовите прототипи и сред субектите няма такива с хронични болки в кръста, гърба, увреда на междупрешленни дискове, както и травми в областта на таза, кръста, гърба и врата. Субекти Ж1 и Ж3 съобщават за наличие на дискомфорт или болка в кръста при седене на обичайните си работни средства за седене, които не са налични след седене на тестовите прототипи.

Наблюдаваше се, че през първия ден с тестовия прототип субектите прекарват повече време без да стават от средството за седене. Така те прекарваха повече време в седяща поза, в следствие на което се очаква да има по-голяма деформация на междупрешленните дискове, съответно по-голямо намаление на ръста. Това не се потвърди при резултатите за изменение на ръста за ден 1 от етап II, сравнено с промяната в ръста за дните от I и III етап.

В хода на експеримента се потвърдиха данни от първа глава, че навеждането напред над работната повърхност води до голяма деформация на междупрешленните дискове.

Тенденция при резултатите от експеримента водят към извода, че дизайн на средство за седене, който предразполага към активно седене, и с наклонена напред в сагиталната равнина повърхнина на седене е здравословен за човека. Отчетените разлики в изменението на ръста потвърждават, че жените и мъжете имат нужда от различни опори на лумбалния дял на гърба.

### **3.3. Изводи**

Необходимо е разпространяване на научното знание за здравословната поза на седене и ползите от нея.

Здравословното седене трябва да стане част от разбирането на хората какво е „здравословен начин на живот“.

Движенията, чрез които седящите компенсират неудобството при дълготрайно седене, стават част от динамичния стереотип на хората.

При тапицерията на средство за дълготрайно активно седене има предпоставки за пластична остатъчна деформация след експлоатация.

При наклонена повърхнина на седене е налично преместване на седящия напред и надолу спрямо нея.

Дизайн на средство за седене, който комбинира наклонена напред в сагиталната равнина повърхнина на седене и предпоставя към активно седене, е здравословен за човека.

Жените и мъжете имат различни нужди от опора на лумбалния дял на гърба.

Резултатите от проведеното изследване потвърждават хипотезата.

Резултатите от изследването показват, че формулираните изисквания към дизайн на средство за активно дълготрайно седене са целесъобразни от гледна точка на запазване на човешкото здраве.

## **НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ**

### **Научно-приложни приноси**

1. Проучени са вредите, които дълготрайното седене носи за човешкото здраве и са систематизирани спрямо естеството на вредата: за физиката, физиологията и психиката на човека.

2. Изследвани са взаимовръзките между седене и увреждания, концепции и теории за здравословно седене и даденостите на човешката анатомия. Анатомията е разгледана в областите, които седенето засяга най-силно, като са анализирани основни принципи на строежа и функциониране на гръбнака, таза и връзките помежду им и с бедрените кости. Така са установени възможностите и ограниченията на човешкото тяло, които трябва да бъдат отразени в дизайна на средства за седене.

3. Проучена е същността на био-инспирираните дисциплини и е избран подход, който отговаря на разглежданата задача. Установи се, че прилагането на аналогии от биологичното знание в дизайна и инженеринга на активни средства за дълготрайно седене може да се приложат по отношение на конструкцията, материалите и функцията на системата.

4. Проучени са начините за тестване на средства за седене по изискванията на ANSI-стандартите и европейските стандарти, както и действащите български стандарти.

5. Представени са концепциите за „устойчив дизайн“ и „регенеративен дизайн“.

6. Адаптиран е метод за тестване на средството за дълготрайно активно седене, обект на експеримента.

7. В резултат на проведен анализ са синтезирани изисквания към дизайна на средство за дълготрайно седене.

8. Моделирани са три итерации за тестови прототип в съответствие с целите и ограниченията на дисертацията.

9. Проведен е активен експеримент по предложената методика. Резултатите от експеримента са представени в графичен и табличен вид

10. Доказано е, че комбинацията от тип ъгъл на седене и предпоставена активна поза на седене носят сравнително повече ползи от средствата за седене с ъгъл  $\sim 90^0$  и без предпоставена активна поза на седене.

11. Доказана е зависимостта на дизайна на средства за дълготрайно седене от пола на седящия.

### **Приложни приноси**

12. Изработени са два тестови прототипа, които са в съответствие с изведените дизайнерски изисквания, чрез които може да се тества средство за активно дълготрайно седене с тип ъгъл между тялото и бедрата на функционално ниво.

13. Отчетени са данните за изменение на ръста на субектите през трите етапа на експеримента, изведени са взаимозависимостите между данни и етап.

### **СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

5. Николова Н., „Болестта на седенето“ и здравословното седене като база за дизайн“, Българско списание за инженерно проектиране, брой 34, октомври 2017г.

6. Николова Н., „Био-инспириран дизайн, приложен при мебели за седене“, Българско списание за инженерно проектиране, брой 34, октомври 2017г.

7. Николова Н., „Влияние на позата на седене върху психо-емоционалното състояние“, Българско списание за инженерно проектиране, брой 37, октомври 2018г.

8. Николова Н., „Средства за тестване на устройства на седене“, Българско списание за инженерно проектиране, брой 37, октомври 2018г.

## **SUMMARY**

### **RESEARCH OF POSSIBILITIES FOR APPLICATION OF SCIENTIFIC STUDIES, INCLUDING BIOINSPIRED, IN SITTING DEVICES DESIGN**

**Neli Krasimirova Nikolova**

**Engineering Design Department, Technical University-Sofia, Bulgaria**

#### **Abstract:**

Sitting is unavoidable. Statistic data shows high rates of occupations that are practiced mainly or only in a sitting work posture. Healthcare, Occupational safety and medicine focus the attention of designers on a lasting tendency that the longer the sitting posture period is, the more negative consequences for health appear.

Many scientific works have studied the reasons and the consequences of the prolonged sitting. Using sitting devices inconsistent with the human anatomy and dynamic characteristics is distinguished as one of the major reasons. New concepts on human sitting dynamics are developed and new alternative sitting postures are presented to change the way of sitting.

The principles of design and function of anatomic parts that are in contact with sitting devices reveal the body abilities and limitations which should be incorporated in the requirements for the sitting devices design. Thus, to solve the prolonged sitting health problems nature can provide principles to be adapted to the requirements for the design of prolonged sitting devices.

Based on the interconnections between the negative effects of prolonged sitting, healthy sitting concepts and human anatomy features a list of design requirements for prolonged sitting devices is drawn up.

A prototype was developed and an experiment was conducted. The reported results lead to the conclusion that the proposed solution for sitting, through the prototype, contributes to the sparing of human health. The expediency of application of the requirements made in the dissertation has been proved. The need for a different design of the lumbar support of the prolonged sitting devices depending on the gender of the user has been confirmed.