

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОПОРИ ДЛЯ ХОДЬБИ ДІТЕЙ ХВОРИХ НА ДЦП

В.М. Тігарєв, В.І. Салій, Ю.І. Бабич, К.В. Кіценко

Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: volodymyr_t@ukr.net, svi099svi@gmail.com

Інформаційне проектування інженерних об'єктів базується на використанні інформаційних моделей об'єктів. Інформаційна модель спрощує розробку алгоритму проектування та прискорює процес виготовлення об'єкта. Метою роботи є розробка інформаційної моделі та її застосування для створення адаптивно-параметричної моделі об'єкта. Проведено аналіз існуючих моделей опори та виявлено їх переваги та недоліки. Запропоновано прототип конструкції, який відповідає вимогам успішної соціально-побутової адаптації дитини. У статті запропоновано технологію створення інформаційної моделі опори для ходьби дітей, хворих на ДЦП, та докладно розглянуто вісім рівнів проектування опори з використанням інформаційної моделі. Розроблено адаптивно-параметричну модель опори в сучасній САПР Autodesk Inventor Professional, яка розраховує та модифікує конструкцію залежно від вхідних антропометричних даних дитини (вага та зріст). Виявлено залежності розмірів конструктивних елементів опори від антропометричних даних дитини, які були наведені в табличній формі. В роботі було проведено моделювання статичних і динамічних навантажень на створену конструкцію та досліджено вплив механічних навантажень на її елементи. Результати моделювання навантажень дозволяють оптимізувати та удосконалити конструкцію шляхом зміни кількості стійок та вибору матеріалу, з якого буде виготовлено об'єкт. Запропонована інформаційна модель може бути використана для різних інженерних об'єктів. Використання інформаційної моделі скорочує час і підвищує надійність проектування об'єкта. Подальшим розвитком роботи є створення програмного додатку для автоматизації проектування в середовищі iLogic САПР Autodesk Inventor Professional на основі отриманої інформаційної моделі.

Ключові слова: інформаційна модель, параметризація, адаптивно-параметрична модель, статичні навантаження, динамічні навантаження.

Вступ

В сучасному світі проектування об'єкту починається з інформаційної моделі об'єкту, яка уточнюється і доповнюється в процесі проектування. При створенні інформаційної моделі обов'язково використовується комп'ютерна математична модель, яка описує сам об'єкт та етапи його проектування, аналізу та виготовлення. Інформаційна модель повинна містити методологію і технологію створення об'єкта. Розроблено інформаційну модель опори для ходьби дитини хворої на дитячий церебральний параліч. Дана модель дозволить розробити алгоритм проектування об'єктів аналогічного дизайну. Опору для ходьби спроектовано так, щоб вона витримувала вагу дитини, а також всі необхідні для цього навантаження без надмірних відхилень. Проектування опори для ходьби дитини хворої на ДЦП з використанням сучасних комп'ютерних технологій дозволяє скоротити час, підвищити точність, створити комп'ютерну модель для аналізу механічних навантажень. Комп'ютерну модель опори ходьби зручніше реалізовувати за допомогою САПР Autodesk Inventor Professional, яка дозволяє створити тривимірну модель опори для ходьби та виконати її параметризацію, а також дозволяє аналізувати створену модель на необхідні статичні та динамічні навантаження.

Формування ефективної ходи є пріоритетним завданням реабілітації пацієнтів, адже хода є важливою передумовою успішної соціально-побутової адаптації дитини [1]. Розглядаючи це питання з точки зору освоєння технічних засобів реабілітації в лікувальну фізіотерапію слід включати максимально різноманітні рухи з самого раннього віку. Одним із засобів формування ходи є тренування на ходунках з підтримкою ваги тіла [1-3], які розроблені спеціально для полегшення пересування хворих з порушенням функцій опорно-рухового апарату і сконструйовані з урахуванням усіх вимог.

Мета роботи

Метою роботи є розробка адаптивно-параметричної моделі опори для ходьби дитини хворої на дитячий церебральний параліч на основі інформаційної моделі інженерного об'єкту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *задачі*:

- розробка інформаційної моделі опори для ходьби дитини хворої на ДЦП
- вибір моделі опори для ходьби та її реалізація в середовищі сучасної САПР;
- виявити та усунути недоліки моделі, пов'язані зі зручністю та безпекою для хворої дитини;
- розробити адаптивно-параметричну модель опори для ходьби;
- провести аналіз розробленої моделі на статичні та динамічні навантаження.

Основна частина

Запропоновано інформаційну модель опори для ходьби дитини хворої на ДЦП, яка включає в себе всі необхідні рівні і взаємозв'язки між ними. Блок-схема інформаційної моделі наведена на рисунку 1. Розглянемо докладно все рівні інформаційної моделі та їх взаємозв'язки.

Рівень аналізу існуючих аналогів. На цьому рівні виконується аналіз існуючих моделей опори для ходьби та обирається прототип конструкції.

Рівень моделювання деталей. Всі деталі опори для ходьби створюються за допомогою команд просторового моделювання сучасної САПР. Моделі деталей є параметричними, оскільки всі розміри пов'язані та розміщені в таблицю параметрів моделі.

Рівень створення складального вузла. Створення тривимірної моделі складального вузла опори для ходьби шляхом накладення зв'язків та залежностей.

Рівень параметризації. Накладення параметричних залежностей.

Рівень симуляції навантажень. Проведення моделювання статичних та динамічних навантажень на опору для ходьби із зусиллями близькими до максимального значення сили дитини, враховуючи її вагу.

Рівень оптимізації. На основі результатів, які отримали шляхом симуляції навантажень на опору, оптимізуємо створену модель та обираємо матеріал, з якого буде реалізована модель.

Рівень підготовки до виготовлення. Створення комплекту конструкторської документації опори для ходьби необхідного для його виготовлення.

Рівень тестування та експлуатації. Виготовлення дослідного зразка.

Докладно розглянемо всі рівні інформаційної моделі при створенні адаптивно-параметричної тривимірної моделі опори для ходьби дитини хворої на ДЦП.

На першому рівні було проведено докладний аналіз конструкції обраної моделі опори для ходьби та порівняно її з більш дорогими аналогами.

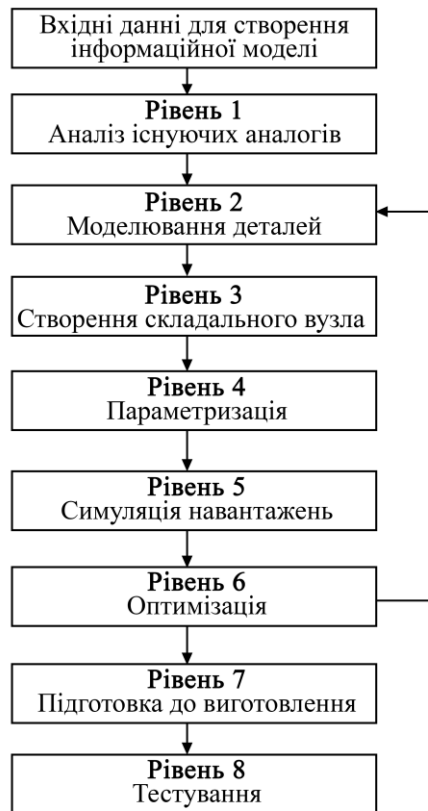


Рис. 1. Блок-схема інформаційної моделі

Проблема дитячого церебрального паралічу (ДЦП) хвилює весь цивілізований світ і цього неможливо не помічати. Адже правильно проведена реабілітація допоможе уникнути сильних відхилень у розвитку дитини та допоможе повернути його в середовище однолітків [3] Процес реабілітації не тільки складний та довгостроковий, а й достатньо дорогий. Всі технічні засоби, які при цьому використовують, мають дуже високу вартість, тому було розглянуто найпростіші ходунки (рис. 2), які не тільки допомагають дитині розвинути правильну ходу та поставу, а також допомагають бути більш самостійним у повсякденному житті [3].

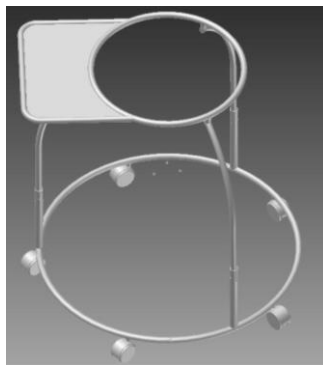


Рис. 2. Найпростіший вид опори для ходьби дитини хворою на ДЦП

В результаті якого було виявлено значні недоліки:

- при наїзді навіть на незначну перешкоду (наприклад, шви на підлозі) ходунки різко зупиняються та перегортаються через конструкцію коліс (рис. 2);
- ходунки з колесами даного типу важче зрушити з місця;
- невдале розташування коліс призводило до того, що при русі назад ноги дитини потрапляють під переднє колесо;

- наявність тільки трьох стійок збільшують вірогідність перегортання опори при різких рухах та зупинці;
- не реалізована можливість зміни висоти конструкції.

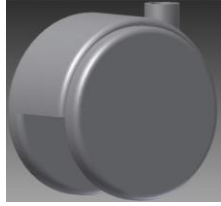


Рис. 3. Колесо опори для ходьби, конструкція якого виявилась невдалою

Для ліквідації недоліків було запропоновано:

- повна зміна конструкції колеса (рис. 4г);
- скорочення кількості коліс до чотирьох та зміна їх розташування;
- збільшення кількості стійок до чотирьох, що допомагає краще тримати рівновагу та збільшує міцність конструкції;
- висота конструкції регулюється за допомогою системи кріплень.

На другому рівні виконуємо моделювання всіх деталей опори для ходьби. При створенні моделей використовуються параметричні 2D ескізи, всі розміри пов'язані та розміщені в таблиці параметрів моделі.

Технологія створення опори для ходьби дітей страждаючих на ДЦП з урахуванням зазначених вище недоліків в середовищі сучасної САПР Autodesk Inventor Professional наступна:

Крок 1. Побудова деталі «Столик» відбувається в середовищі «Проектування рам», в процесі чого необхідно врахувати де будуть місця стиків із стійками (рис. 4а).

Крок 2. Побудова деталі «Основа» відбувається в середовищі «Проектування рам», в процесі чого необхідно врахувати де будуть місця стиків із стійками та колесами для зручності формування майбутнього складального вузла (рис. 4б).

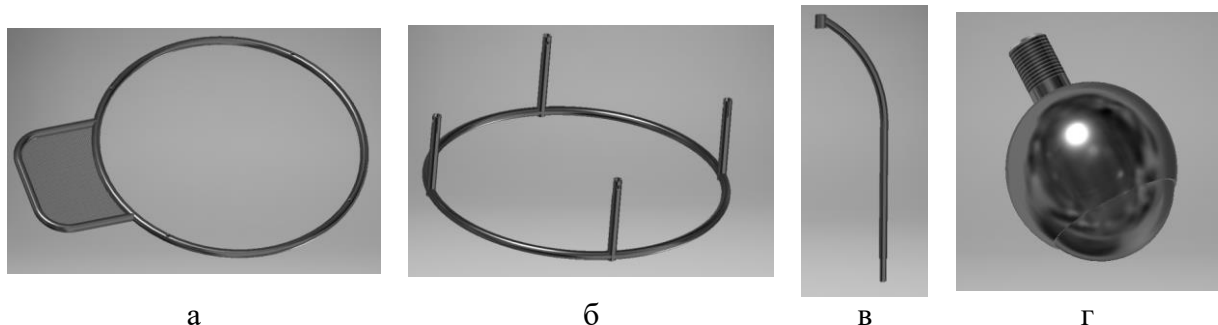
Крок 3. Побудова деталі «Стойка», яка з'єднує деталі «Столик» та «Основу», відбувається в середовищі «Проектування рам» (рис. 4в, 5).

Крок 4. Створення деталі «Колесо» (рис. 4г).

Крок 5. Наступним етапом буде об'єднання усіх складових частин опори для ходьби в єдиний складальний вузол (рис. 6).

Крок 6. Розробка адаптивно-параметричної моделі (рис. 7).

Крок 7. Симуляція статичних та динамічних навантажень на створену модель.



а

б

в

г

Рис. 4. Комп'ютерні моделі складових частин опори для ходьби, які були створені в середовищі сучасної САПР Autodesk Inventor Professional: а – деталь «Столик»; б – деталь «Основа»; в – деталь «Стойка»; г – деталь «Колесо»

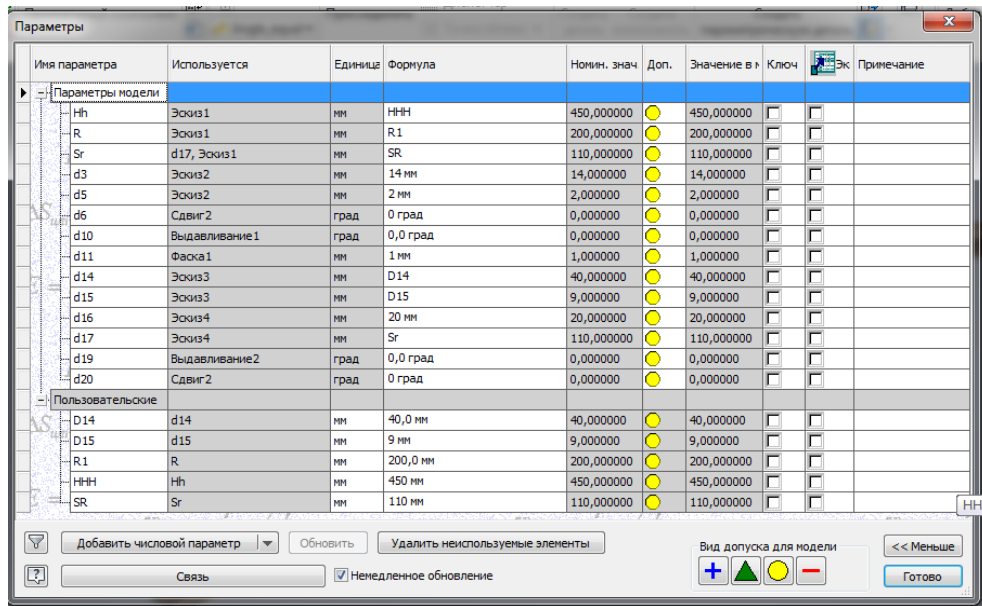


Рис. 5. Вікно таблиці параметрів моделі деталі «Стойка»

Четвертим рівнем буде розробка адаптивно-параметричної моделі опори для ходьби дитини з ДЦП в середовищі програми Autodesk Inventor Professional. Модель ходунків змінюється залежно від антропометричних даних дитини, які приведені в таблиці 1, [4] що дає можливість розробки оптимальної конструкції для кожної дитини.

Перерахунок здійснюється таким чином:

Крок 1. Завдання ваги дитини змінює діаметри труб «Основи», «Столика» та «Стойки», а також кількість стійок (табл. 2).



Рис. 6. Удосконалена модель опори для ходьби дитини хворою на ДЦП порівняно з аналогічними моделями представленими на ринку

Таблиця 1.

Антропометричні данні дітей віком від 1 до 10 років

Вік	Вага	Зріст
1 – 3	10 – 15	75 – 95
3 – 5	15 – 20	95 – 110
5 – 7	20 – 25	110 – 125
7 – 10	25 – 30	125 – 140

Таблиця 2.

Параметри опори, які залежать від ваги дитини

Вага	D _{труб}	I _{стійок}
10 – 15	10	4
15 – 20	12	4
20 – 25	14	4
25 – 30	14	6

Крок 2. Завдання зросту дитини змінює довжину стійок (табл. 3).

Таблиця 3.

Параметри довжини стійки, які залежать від зросту дитини

Зріст	L _{стійки}
75 – 95	30
95 – 110	45
110 – 125	60
125 – 140	85

Крок 3. Залежно від обох параметрів (вага та зріст) змінюються діаметри кіл «Основи» та «Столика» (табл. 4).

Таблиця 4.

Параметри конструкції опори, які одночасно залежать від ваги та зросту дитини

Вага	Зріст	D _{столика}	D _{основи}
10 – 15	75 – 95	30	60
15 – 20	95 – 110	40	70
20 – 25	110 – 125	45	85
25 – 30	125 – 140	50	95

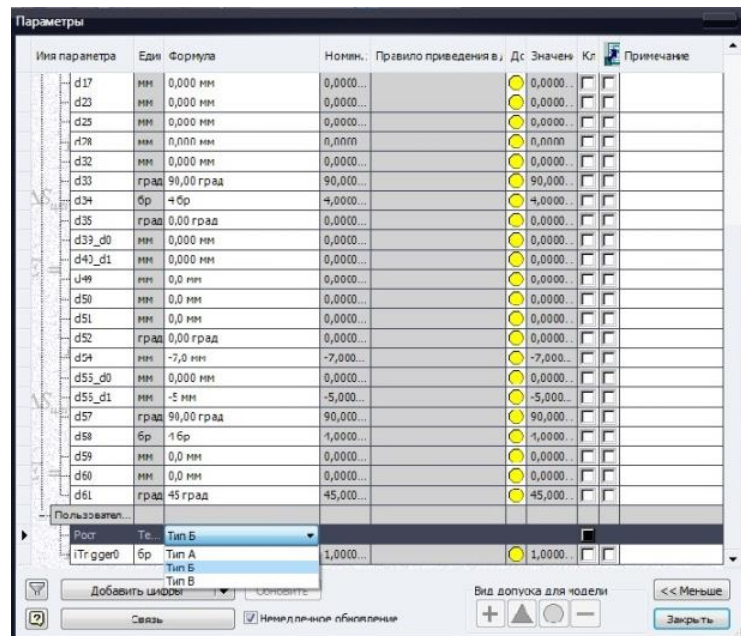


Рис. 7. Вікно таблиці параметрів моделі опори для ходьби дитини хворої на ДЦП

На п'ятому рівні інформаційної моделі виконуємо дослідження створеної опори на деформацію та стійкість під впливом навантажень відбувається в середовищі програми Autodesk Inventor Professional. Дане дослідження моделює стан моделі в певних умовах, що дозволяє виявити та виправити недоліки ще на стадії проектування [5] При проектуванні опори для ходьби важливо врахувати всі можливі навантаження для гарантування безпеки [5] в процесі реабілітації дитини, а також зробити цей процес максимально зручним. Щоб конструкція опори була безпечною та зручною під час використання, вона має бути достатньо міцною та легкою одночасно. Тому було проведено моделювання статичних (рис. 8) та динамічних (рис. 9) навантажень на опору із зусиллям близьким до максимального значення сили дитини, враховуючи її вагу.

Моделювання навантажень на конструкцію опори дозволяє проаналізувати велику кількість параметрів, за допомогою яких можливо зробити правильні висновки і вибрати оптимальні параметри моделі.

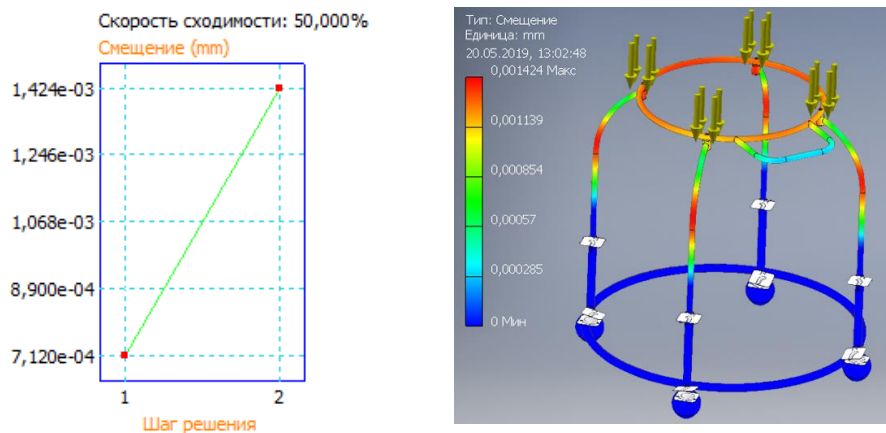


Рис. 8. Результат симуляції статичних навантажень на математичну комп'ютерну модель опори для ходьби дитини хворої на ДЦП

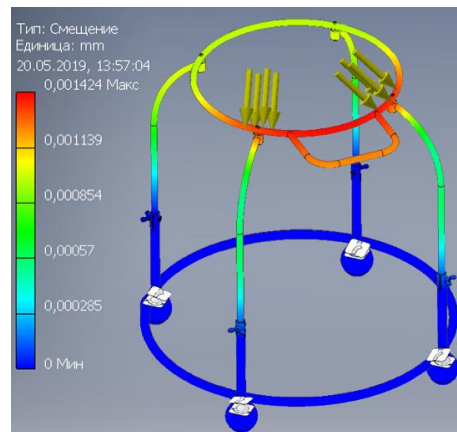


Рис. 9. Результат симуляції динамічних навантажень на математичну комп'ютерну модель опори для ходьби дитини хворої на ДЦП

Шостим рівнем інформаційної моделі є оптимізація. В процесі дослідження для несучої конструкції моделі були призначені різні матеріали (алюміній, сталь). В результаті чого було визначено, що оптимальними матеріалами для конструкції є алюміній або його сплави, за рахунок своєї легкості та достатньої міцності. Аналізуючи результати симуляції на міцність із зусиллям близьким до максимального значення сили дитини, враховуючи її вагу, робимо висновок, що наша конструкція достатньо міцна для використання (рис. 10).

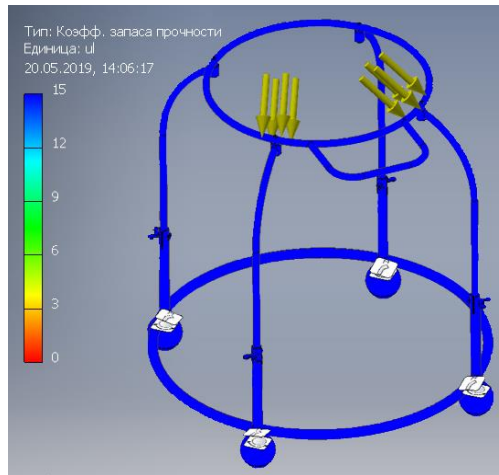


Рис. 10. Аналіз на міцність математичної комп'ютерної моделі опори для ходьби дитини хворої на ДЦП

На сьомому рівні виконуємо підготовку об'єкта до виготовлення, для чого створюємо необхідний комплект конструкторської документації моделі [6]. Восьмим рівнем інформаційної моделі є виготовлення дослідного зразка та введення в експлуатацію об'єкта.

Розроблена адаптивно-параметрична модель дозволяє мінімізувати витрати часу та матеріалів на конструювання та виготовлення опори для ходьби дитини хворої на ДЦП та в режимі реального часу вносити зміни в конструкцію, залежно від антропометричних даних. При моделюванні статичних та динамічних навантажень на опору для ходьби із зусиллям близьким до максимального значення сили дитини, враховуючи її вагу, були отримані результати (рис. 8, рис. 9). Докладний аналіз результатів показує, що запропонована конструкція виявилась достатньо стійкою та міцною, щоб витримати необхідні навантаження. Порівняно з найдешевшим зразком опори для ходьби (рис. 2) розроблена конструкція є більш зручною, практичною та безпечною.

Висновки

У статті розглянуто загальний підхід до створення та аналізу інформаційної моделі опори для ходьби. Докладно викладена методика та технологія створення тривимірної адаптивно-параметричної моделі опори для ходьби в САПР Autodesk Inventor Professional на основі запропонованої інформаційної моделі. Проведено аналіз та виявлені недоліки існуючої конструкції ходунків, у результаті було удосконалено конструкцію шляхом зміни типу коліс, їх кількості та розташування, а також модифікація стійок, їх кількості. З урахуванням внесених змін розроблено адаптивно-параметричну модель ходунків та проведено моделювання статичних та динамічних навантажень на неї. На основі проведених досліджень запропоновано оптимальний варіант матеріалу, з якого в подальшому буде виготовлятися конструкція. Створена адаптивно-параметрична модель дозволяє інтерактивно модифікувати параметри таким чином, щоб ходунки змінювалися залежно від ваги та зросту дитини. Інформаційна модель дає можливість скоротити час і підвищити надійність проектування об'єкту. Подальшим розвитком роботи є створення програмного додатку для автоматизації проектування ходунків в середовищі iLogic САПР Autodesk Inventor Professional. Для чого буде використана адаптивно-параметрична модель, яка створена на базі інформаційної моделі. На підставі проведеної розробки конструкції та досліджень моделі на навантаження буде створено дослідний зразок.

Список літератури:

1. Бадалян, Л.О. Детская неврология / Л.О. Бадалян. – М.: МЕДПРЕСС-Информ, 2002. – 608 с.
2. Лайшева, О.А. Ремоделирование двигательного акта в реабилитации детей с детским церебральным параличом: Дис. докт. мед. наук. – 2007.
3. Детский церебральный паралич [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://neuroreha.ru/detskij-cerebralnyj-paralich>.
4. The WHO Child Growth Standards. Mode of access: <https://www.who.int/childgrowth/standards/en/>.
5. Analysis and Simulation. Mode of access: <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Inventor-Help/files/GUID-B6101620-E1A5-467B-AF45-011E2BEDAA9F-htm.html> (Date: 18.04.2018).
6. Inventor Help. Mode of access: <http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2019/ENU>.

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION MODEL SUPPORT FOR CHILDREN OF PATIENTS WITH CALCULATIONS

V.M. Tigariiev, V.I. Salii, Y.I. Babych, K.V. Kitsenko

Odessa National Polytechnic University,

1, Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: volodymyr_t@ukr.net

Information design of engineering objects is based on the use of information models of objects. The information model simplifies the design of the algorithm and accelerates the process of manufacturing the object. The aim of the work is to develop an information model and its application for creating an adaptive-parametric model of an object. The analysis of existing models of support was carried out and their advantages and disadvantages were revealed. The prototype of the design, which meets the requirements of successful social and everyday adaptation of the child, is proposed. In the article the technology of creation of the information model of support for walking of children with cerebrovascular disease is offered and in detail the eight levels of designing the support using the information model are considered. The adaptive-parametric model of support in the modern CAD Autodesk Inventor Professional is developed, which calculates and modifies the structure depending on the incoming anthropometric data of the child (weight and height). Dependences of sizes of structural elements of support from anthropometric data of the child, which were given in tabular form, were revealed. In the work modeling of static and dynamic loads on the created construction was conducted, and the influence of mechanical loads on its elements was investigated. The results of load simulation allow optimizing and improving the design by changing the number of racks and selecting the material from which the object will be made. The proposed information model can be used for various engineering objects. Using the information model reduces the time and increases the reliability of the design of the object. Further development of work is the creation of a software application for automation of designing in the iLogic environment of CAD Autodesk Inventor Professional on the basis of the received information model.

Keywords: information model, parameterization, adaptive-parametric model, static load, dynamic load.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОПОРЫ ДЛЯ ХОДЬБЫ ДЕТЕЙ БОЛЬНЫХ ДЦП

В.М. Тигарев, В.И. Салий, Ю.И. Бабич, Е.В. Киценко

Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: volodymyr_t@ukr.net,
svi099svi@gmail.com

Информационное проектирование инженерных объектов базируется на использовании информационных моделей объектов. Информационная модель упрощает разработку алгоритма проектирования и ускоряет процесс изготовления объекта. Целью работы является разработка информационной модели и ее применение для создания адаптивно-параметрической модели объекта. Проведен анализ существующих моделей опоры и выявлены их преимущества и недостатки. Предложено прототип конструкции, отвечающий требованиям успешной социально-бытовой адаптации ребенка. В статье предложена технология создания информационной модели опоры для ходьбы детей, больных ДЦП, и подробно рассмотрено восемь уровней проектирования опоры с использованием информационной модели. Разработан адаптивно-параметрическую модель опоры в современной САПР Autodesk Inventor Professional, которая рассчитывает и модифицирует конструкцию в зависимости от входных антропометрических данных ребенка (вес и рост). Выявлены зависимости размеров конструктивных элементов опоры от антропометрических данных ребенка, которые были приведены в табличной форме. В работе было проведено моделирование статических и динамических нагрузок на созданную конструкцию и исследовано влияние механических нагрузок на ее элементы. Результаты моделирования нагрузок позволяют оптимизировать и усовершенствовать конструкцию путем изменения количества стоек и выбора материала, из которого будет изготовлено объект. Предложенная информационная модель может быть использована для различных инженерных объектов. Использование информационной модели сокращает время и повышает надежность проектирование объекта. Дальнейшим развитием работы является создание программного приложения для автоматизации проектирования в среде iLogic САПР Autodesk Inventor Professional на основе полученной информационной модели.

Ключевые слова: информационная модель, параметризация, адаптивно-параметрическая модель, статические нагрузки, динамические нагрузки.