Секция «Методы математического и компьютерного моделирования в аэрокосмической деятельности»

Новый рефлекторный шагающий тренажёр для авиационной и космической медицины

Научный руководитель – Лебедев Владимир Валентинович

Скворцова Анастасия Андреевна

Студент (специалист)

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

E-mail: saa2509@mail.ru

Исследование шагающих машин оказалось перспективным не только для тяжёлого машиностроения, для освоения тундры, Арктики и северных областей, но и для медицины [1-7]. Предложен рефлекторный шагающий тренажёр для лечения и реабилитации пациентов с нарушениями движений ног, для реабилитации лётчиков и космонавтов. Шагающий макет такого тренажёра был создан и был отмечен грантом конкурса УМНИК. При более детальном изучении траектории стопы на тренажёре были выявлены микроперегрузки, которые могут вызвать у пациента дискомфорт. Такие перегрузки связаны с резким изменением направления движения стопы в точках бифуркации.

Целью работы является математическое и численное исследование траектории движения привода шагающей машины П.Л.Чебышева на предмет плавности движения и выявления инерционных ускорений. Актуальность работы обоснована повышенным интересом к шагающим машинам как в тяжёлом машиностроении, так и в области медицины. В тяжёлом машиностроении шагающие платформы изучаются на предмет перспективного средства передвижения в тундре, Арктике и шельфовых областях. Освоение северных областей сейчас важно для разработки новых месторождений углеводородного топлива и с оборонной точки зрения. Медицина заинтересовалась шагающими механизмами для создания новых тренажёров, позволяющих ускорить реабилитацию пациентов с нарушениями движений опорно-двигательного аппарата.

Для исследования траектории движения стопы человека на шагающем тренажёре потребовалось применить численные методы. Оказалось, что нет смысла применять сложные алгоритмы П.Л.Чебышева для исследования движения четырёхзвенного шагающего механизма. Вполне реально задать все участки движения с помощью методов элементарной геометрии, применяя, в основном, теорему косинусов. Задать в программе единым блоком всю траекторию не получается, потому что рычаги механизма взаимно пересекаются, образуя новые треугольники. Это так называемые точки бифуркации в движении механизма. В этих точках происходит перемена закона движения с математической точки зрения. Именно эти точки надо исследовать более детально. Для исследования была составлена программа на языке ПАСКАЛЬ.

Лямбдаобразный механизм П.Л.Чебышева позволяет получить траекторию движения точки, очень близкую к природной траектории движения стопы человека или животного. Эта траектория состоит из трёх основных участков.

Первым, главным, рабочим участком является нижняя часть траектории, очень близкая к прямолинейному отрезку. Конечно, получить точную прямолинейную траекторию с помощью четырёхзвенного рычажного привода невозможно - это доказал И.И.Артоболевский, для этого нужны более сложные семизвенные рычажные механизмы. Однако отклонения нижней части траектории от прямолинейного участка настолько незначительны, что ими часто пренебрегают. Закономерен вопрос о допустимости такого пренебрежения. Нагрузки

на шагающий опорно-двигательный аппарат, например, человека, на 5-6 порядков меньше аналогичных нагрузок при движении современной плавучей платформы типа «Eiric Raude» водоизмещением более 50 тысяч тонн.

Второй участок - это дугообразная линия обратного движения шагающей опоры, переноса её вперёд относительно корпуса машины. Пренебрегать нагрузками на механизмы во время этого пассивного участки нельзя, потому что скорость движения, а значит и ускорения на переходном участке, повышены. В частности, в циклограмме шага среднестатистического человека дугообразный участок переноса стопы занимает в два раза меньше времени, чем рабочая прямолинейная траектория.

Третий участок связан с переходными процессами от первого участка ко второму участку. В природной траектории таких участков два, при постановке стопы на поверхность и при отрыве от поверхности. Эти участки имеют маленький радиус кривизны, что вызывает большие инерционные ускорения в приводе.

Для исследования инерционных нагрузок предложена математическая модель, основанная на геометрическом представлении движения рычагов в механизме. Оказалось, что три рычага, не считая неподвижного корпуса, в процессе своего движения ориентируются так, что приходится резко переходить от одного геометрического представления к другому. Например, треугольник вырождается в отрезок. Точки бифуркации соответствуют двум моментам взаимной ориентации рычагов, когда кривошип и шатун располагаются на одной линии.

Такие резкие переходы называются бифуркациями и связаны с резким изменением характеристик движения. Исследование точек бифуркации начато численными методами. Именно в этих точках наблюдаются большие значения ускорений, резкие изменения их значений, повышенные перегрузки и, как следствие, дискомфорт пациента при использовании шагающего тренажёра. Предложена модель движения стопы для рабочего участка и двух переходных участков, которые наиболее критичны, так как на них стопа работает при максимальных нагрузках. Начато изучение дугообразного верхнего участка.

Применение методов элементарной геометрии позволили привлечь к научной работе школьников. В основном потребовалось знание теоремы косинусов для составления алгоритма и программы движения рычагов в шагающем механизме. Научная работа приобрела учебно-исследовательское направление.

Вывод.

В научно-исследовательской работе студента всегда можно найти часть работы, которую вполне может осилить школьник. Привлечение школьников к выполнению научных работ стимулирует процесс познания и одновременно экономит время руководителя, переводя трудозатраты с объёмного исследовательского материала на процесс обучения. Одновременно создаётся научная команда, которая очень быстро начинает продвигаться в проектной деятельности и постепенно переходит со школьного этапа на студенческий.

Источники и литература

1) Бадалян Л.О. Невропатология. – М.: Просвещение, 1982.

2) Астапов В.М., Микадзе Ю.В. Атлас нервной системы человека. Строения и нарушения. – Изд.8-е, перераб. и доп. – М.: PerSe, 2011.

3) Папиашвили Э.Д., Скворцова А.А. Универсальная шагающая платформа для геологоразведки и нефтедобычи // Сборник тезисов Всероссийской школы-конференции студентов, аспирантов и молодых учёных "Материалы и технологии XXI века" 11-12 декабря 2014 г. / Отв. ред. А.В.Герасимов. [Электронный ресурс] - Казань.: Изд-во

КФУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск(CD-ROM); 12 см. - Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод CD-ROM; Adobe Acrobat Reader. - С.132. - http://media.wix.com/ugd/14a693_bb35b54325b240739e9c2499bc6d6859.pdf

4) Скворцова А.А., Папиашвили Э.Д. Рефлекторный тренажёр для реабилитации опорно-двигательного аппарата человека / IX Всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых учёных «Наука и инновации в технических университетах». – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (НИУ), 27-30 октября 2015. – СпбГУ: Изд. Политехн. у-та. – ББК 30.1 Н34. – 264 с. – С.69-71. - http://www.ysc.spbstu.ru/forum2015/Forum2015.pdf

5) Скворцова А.А., Папиашвили Э.Д. Рефлекторный реабилитационный шагающий тренажёр / XI Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полёты в космос». Секция №6. – Центр подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина, 10-12 ноября 2015. – Звёздный городок, Московская область. - http://www.msf2015starcity.com/

6) Скворцова А.А. Рефлекторный шагающий тренажёр. – Электронный ресурс (видеоролик 11:42): https://youtu.be/ehMjOSe83tg

7) Скворцова А.А. Шагающие механизмы в медицине // Приволжский научно-технический конкурс работ школьников РОСТ-SEF-2015. – Нижний Новгород, Институт прикладной физики российской академии наук, 6-8 ноября 2015 г. – Диплом призёра 3-й степени. – Электронный ресурс: http://www.rostsef.ru/files/rost-2015-results.pdf