

УДК 681.586, 531.383

**Исследование механических воздействий на организм человека,
обусловленных обувью с различной высотой каблука**

*Беликова А. В., студент,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Автономные информационные и управляющие системы»*

*Научный руководитель: Павлов Г.Л., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
wave@sm.bmstu.ru*

Эксперимент проводился следующим образом: акселерометр плотно прикреплялся к голове/пояснице. Показания акселерометра снимались после следующих действий:

а) движение прямо на каблуках высокой (11 см) и средней (6 см) длин, а так же при движении на плоской подошве (Рис. 1, Рис. 2).

б) подъем вверх по лестнице на каблуках высокой (11 см) и средней (6 см) длин, а так же при движении на плоской подошве (Рис. 3, Рис. 4).

в) спуск вниз по лестнице на каблуках высокой (11 см) и средней (6 см) длин, а так же при движении на плоской подошве (Рис.5, Рис.6).

На рисунках 1-6:

- 1- повязка на голову, при помощи которой акселерометр прикрепляется к голове/ремень, которым акселерометр прикреплен к пояснице;
- 2- акселерометр ADXL345;
- 3- человек (вид сбоку);
- 4- направление хода;
- 5- поверхность, на которой проводится эксперимент.

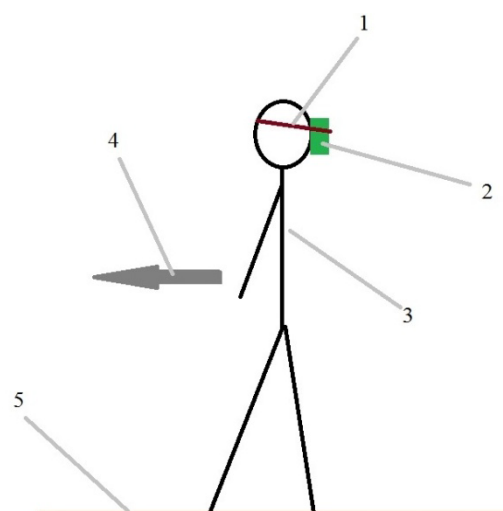


Рис.1. Движение прямо с акселерометром, прикрепленным к голове

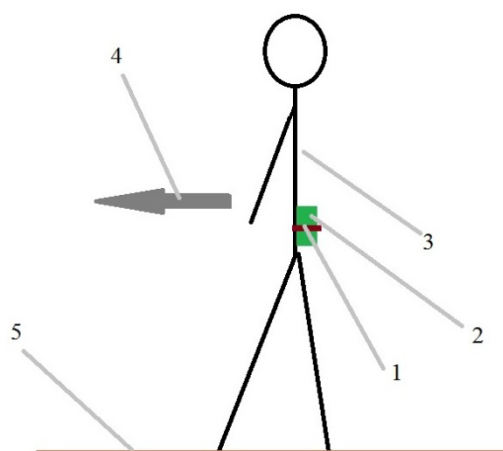


Рис. 2. Движение прямо с акселерометром, прикрепленным к пояснице

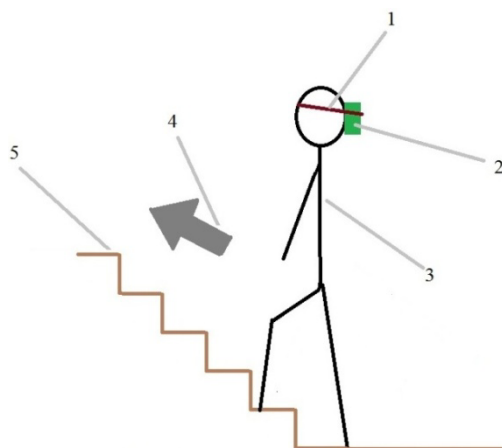


Рис. 3. Подъем по лестнице с акселерометром, прикрепленным к голове

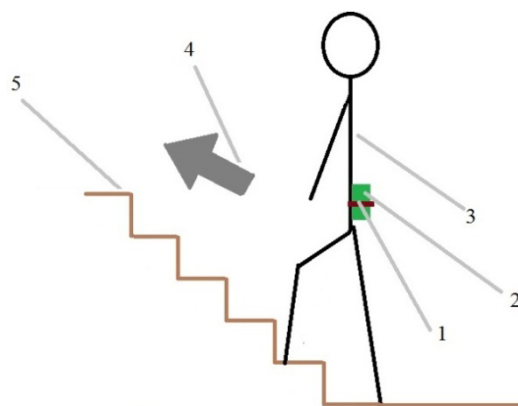


Рис. 4. Подъем по лестнице с акселерометром, прикрепленным к пояснице

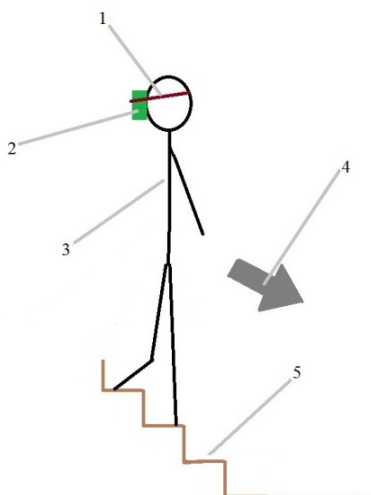


Рис. 5. Спуск по лестнице с акселерометром, прикрепленным к голове

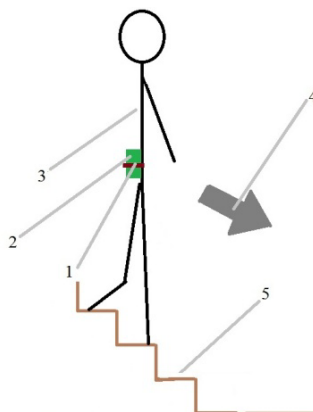


Рис. 6. Спуск по лестнице с акселерометром, прикрепленным к пояснице

Были проведены серии экспериментов. После проведения каждого эксперимента с акселерометра снимались полученные данные проекций ускорений на три оси (X, Y и Z).

Ось Y направлена горизонтально по линии движения, ось X - горизонтально, перпендикулярно линии движения, а Z- вертикально, перпендикулярно линии движения.

На следующих графиках (рис. 7 - рис. 12) представлены изменения ускорений с течением времени в проекции на ось Z. Ускорения в проекции на оси X и Y аналогичны.

На каждом графике по три кривых. Точечная кривая - ускорения головы/поясницы, когда человек идет в 11-ти сантиметровых каблуках, штриховая кривая- когда в 6-ти сантиметровых каблуках и сплошная кривая - когда без каблуков. По оси Y на графиках отложены ускорения, по оси X-время.

Результаты экспериментов:

1) Движение прямо с акселерометром, прикрепленным к голове.

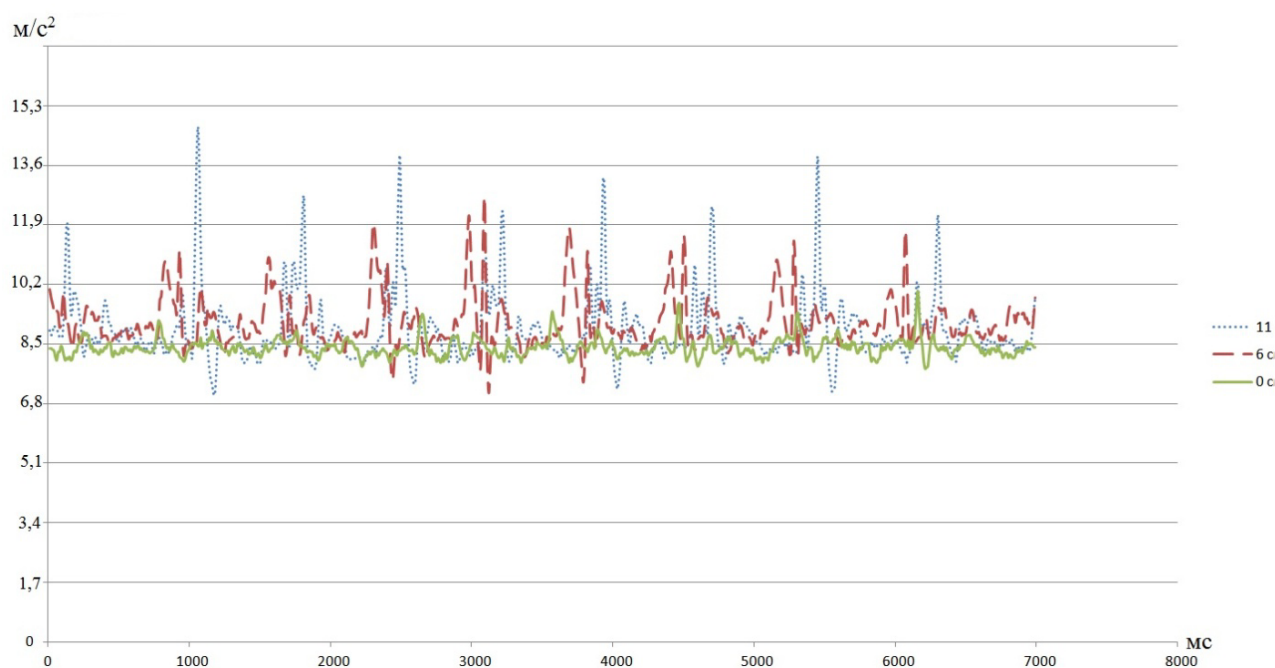


Рис.7. Ускорения, действующие на голову при движении прямо. Проекция на ось Z.

2) Движение прямо с акселерометром, прикрепленным к пояснице.

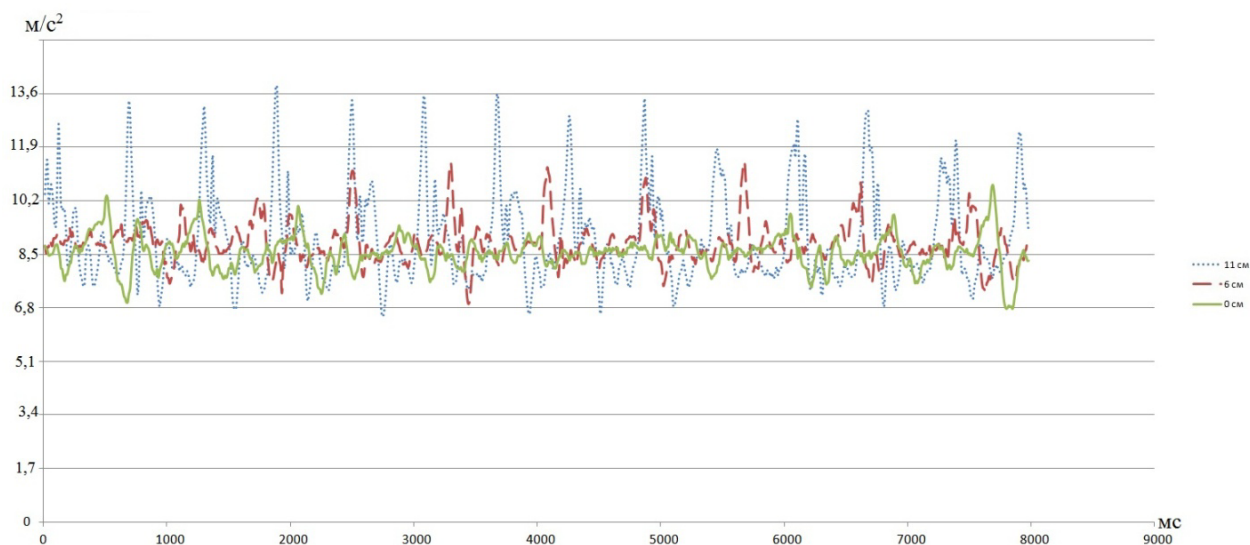


Рис.8. Ускорения, действующие на поясницу при движении прямо. Проекция на ось Z.

3) Подъем вверх по лестнице с акселерометром, прикрепленным к голове.

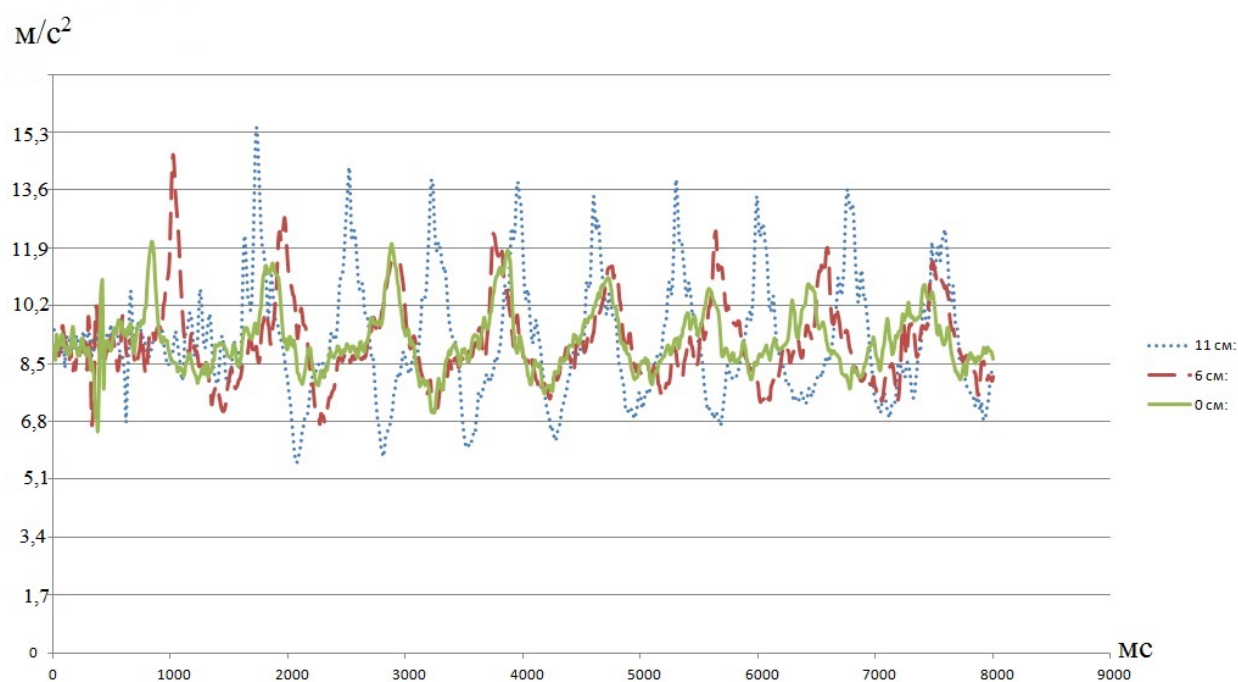


Рис.9. Ускорения, действующие на голову при подъеме вверх по лестнице. Проекция на ось Z.

4) Подъем вверх по лестнице с акселерометром, прикрепленным к пояснице.

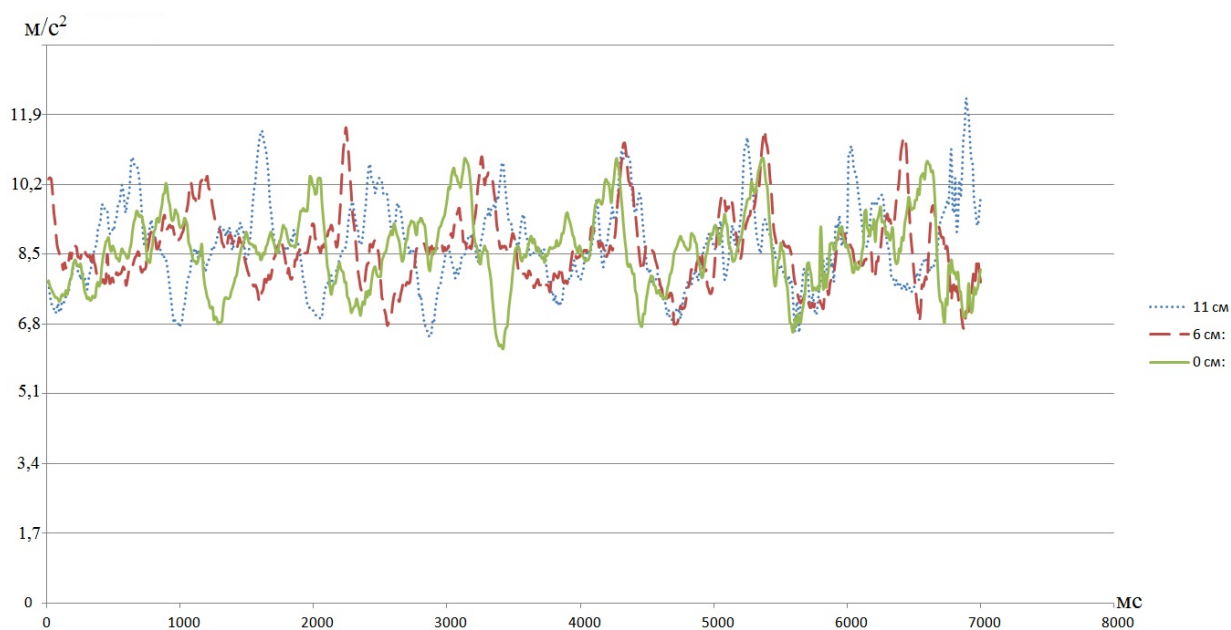


Рис.10. Ускорения, действующие на поясницу при подъеме вверх по лестнице. Проекция на ось Z

5) Спуск по лестнице с акселерометром, прикрепленным к голове.

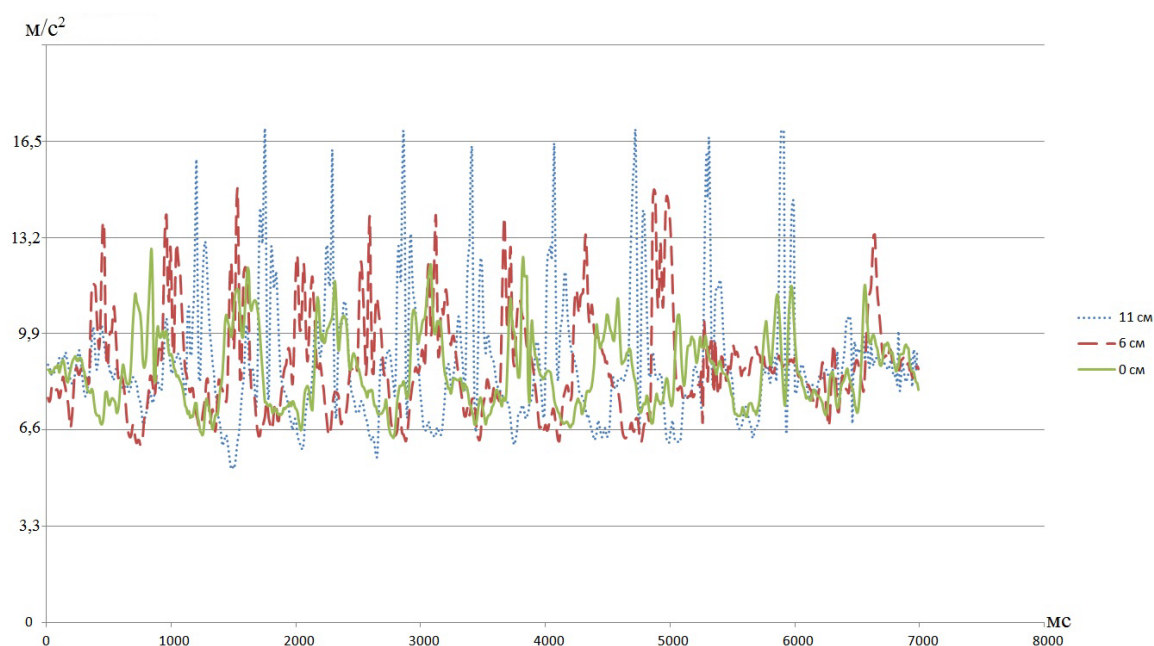


Рис.11. Ускорения, действующие на голову при спуске вниз по лестнице. Проекция на ось Z.

6) Спуск по лестнице с акселерометром, прикрепленным к пояснице.

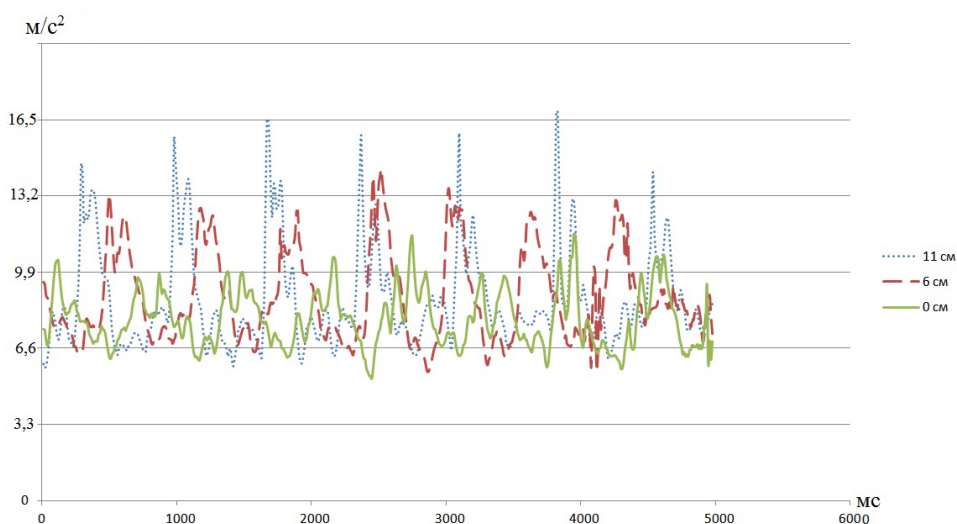


Рис.12. Ускорения, действующие на поясницу при спуске вниз по лестнице. Проекция на ось Z.

При движении прямо и при спуске вниз по лестнице, наблюдаются импульсы в проекции на ось Z до значений 7 м/с^2 , то есть голова и поясница сильно колеблются вверх-вниз, и чем больше длина кабелю, тем сильнее колебания. При этом также возникают колебания вперед-назад до 8 м/с^2 (ускорения в проекции на ось Y) и вправо-влево до 6 м/с^2

(ускорения в проекции на ось X). Здесь так же колебания тем сильнее, чем длиннее каблук.

Ускорения, которые испытывает поясница и голова при подъеме вверх по лестнице, слабо зависят от длины каблука. Отсюда можно сделать вывод, что высокий каблук сильнее воздействует на организм человека, при хождении прямо и при спуске вниз по лестнице, а при подъеме вверх, влияние существенно меньше (до 3 м/с^2 в проекции на ось X, до 4 м/с^2 в проекции на оси Y и Z).

Для ускорений в проекции на ось Z были построены спектры в программе MATLAB. Они представлены на рисунках 13 - 16.

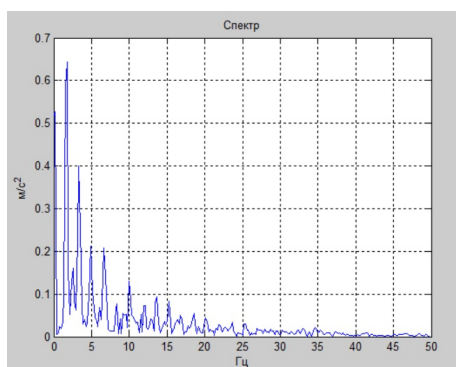


Рис.13. Спектр ускорений, действующих на поясницу (движение прямо, 11-ти сантиметровой каблук)

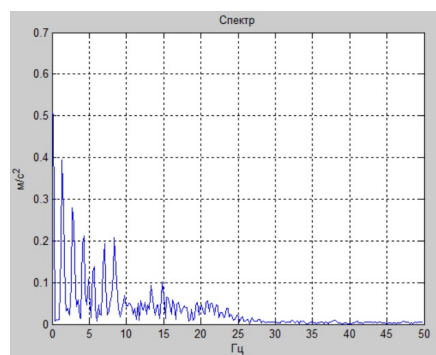


Рис.14. Спектр ускорений, действующих на голову (движение прямо, 11-ти сантиметровой каблук)

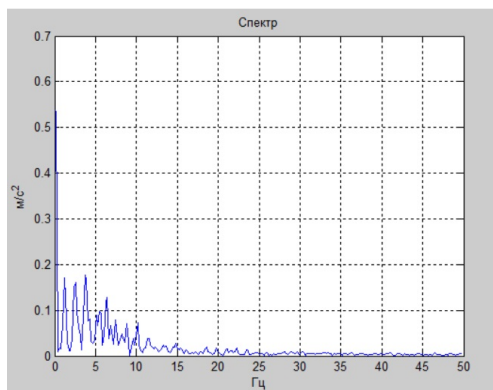


Рис.15. Спектр ускорений, действующих на поясницу (движение прямо, 6-ти сантиметровой каблук).

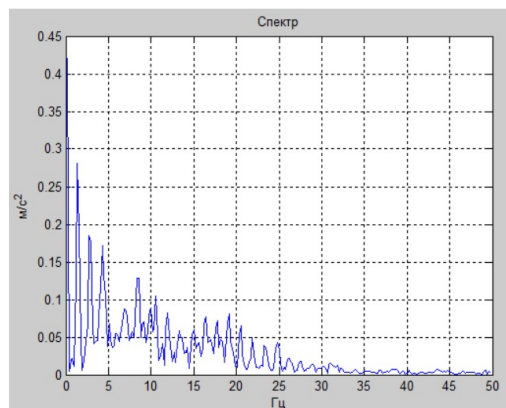


Рис.16. Спектр ускорений, действующих на голову (движение прямо, 6-ти сантиметровой каблук).

Анализ спектров показывает, что амплитуда спектральных компонент при движении прямо не превышает значений 0,7, при этом частота не превышает 30 Гц.

Спектр сигнала с акселерометра, который закреплена голове, имеет меньшую амплитуду гармоник, чем для случая, когда акселерометр закреплён на пояснице. Из чего можно сделать вывод, что позвоночник и мышечный корсет частично гасят колебания, и воздействие на голову снижается. Кроме того, наблюдается расширение спектра до частот 25 Гц. Аналогичная картина наблюдается и при спуске по лестнице.. При увеличении длины каблука наблюдается рост амплитуды гармоник и расширение спектра, в целом возрастает энергия колебаний.

Вывод.

Таким образом, проведенные эксперименты и анализ результатов показали, что с увеличение длины каблука существенно возрастает динамическая нагрузка на человека и при высоте более 6 см ускорение достигает 5 и более м/с^2 , что может существенно сказаться на здоровье.

Список литературы

1. Сергиенко А.Б. MATLAB и преобразование Фурье // ExponentaPro. Математика в приложениях. 2003. №3(3). С.84-86.
2. ADXL345: 3-Axis, ± 2 g/ ± 4 g/ ± 8 g/ ± 16 g Digital Accelerometer Data Sheet (Rev D, 02/2013). Режим доступа: <http://www.analog.com/ru/mems-sensors/mems-inertial-sensors/adxl345/products/data-sheets/resources.html> (дата обращения 15.05.2014).
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2000. 462 с.