DOI: 10.17117/na.2016.11.02.143

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.143.pdf>

Поступила (Received): 24.11.2016

Киво А.М., Шмат Р.А., Некрасов А.С. **Особенности обеспечения требуемой ошибки по** **ускорению при перемещении космонавтов в рабочем** **пространстве тренажеров с силокомпенсирующими** **системами**

Kivo A.M., Shmat R.A., Nekrasov A.S.
Features of providing the required mistake on acceleration
when moving astronauts in working space of exercise
machines with force compensating systems

В статье рассмотрены особенности обеспечения ошибки по ускорению, требуемой для перемещения космонавтов в рабочем пространстве тренажеров с силокомпенсирующими системами

Ключевые слова: механическая передача, электропривод, подготовка космонавтов, система горизонтальных перемещений

In article features of providing the mistake on acceleration demanded for movement of astronauts in working space of exercise machines with force compensating systems are considered

Key words: mechanical transfer, electric drive, training of astronauts, system of horizontal movements

Киво Александр Михайлович

Кандидат технических наук, доцент
Южно-Российский государственный
политехнический университет им. М.И. Платова
г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Kivo Aleksandr Mihajlovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
South-Russian state polytechnic university named
M.I. Platov
Novocherkassk, Prosveschenia st., 132

Шмат Руслан Александрович

Студент
Южно-Российский государственный
политехнический университет им. М.И. Платова
г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Shmat Ruslan Aleksandrovich

Student
South-Russian state polytechnic university named
M.I. Platov
Novocherkassk, Prosveschenia st., 132

Некрасов Александр Сергеевич

Студент
Южно-Российский государственный
политехнический университет им. М.И. Платова
г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Nekrasov Aleksandr Sergeevich

Student
South-Russian state polytechnic university named
M.I. Platov
Novocherkassk, Prosveschenia st., 132

В настоящее время для подготовки космонавтов к работе в открытом космосе и на поверхностях других планет Солнечной системы в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» применяются специальные тренажерные комплексы [1], в которых системы перемещения объектов на гибком подвесе позволяют

имитировать движения космонавта в скафандре в условиях невесомости и пониженной гравитации [2].

В таких тренажерах требуемое управление движением перемещаемого объекта должно определяться только значением и длительностью приложения внешнего силового воздействия. При этом сложное перемещение объекта в пространстве раскладывается на составляющие в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также на вращения и качания объекта относительно его центра масс. Поступательные перемещения обеспечиваются совместной работой систем вертикального и горизонтального перемещений объекта, а вращательные – особой конструкцией механизма подвеса.

В общем случае система вертикальных перемещений (СВП) включает в себя гибкий подвес, реализованный с применением канатной передачи, грузоподъемного барабана и электрического привода, который обеспечивает обезвешивание и перемещение объекта по вертикали, а система горизонтальных перемещений (СГП) имеет конструкцию мостового типа с перемещающимися тележкой и мостом.

На рисунке 1 приведена кинематическая схема обобщенной СГП, реализованной с применением ременной передачи.

Рис. 1. Кинематическая схема механической части СГП тележки

Здесь используются следующие обозначения: О – объект обезвешивания; ЭД1 и ЭД2 – электродвигатели (ЭД) вертикальных перемещений объекта и горизонтальных перемещений тележки; Ш1 и Ш2 – ведущая и ведомая шестерни ременной передачи привода СГП тележки; Б1, Б2 и Б3 – блоки канатной передачи СВП; ВС – устройство измерения угла отклонения каната α от вертикали.

В исследуемой системе перемещение объекта обезвешивания происходит с меньшим ускорением, чем в реальных условиях, так как на него действуют силы сопротивления движению со стороны приводных механизмов и силы

инерции дополнительно присоединенных масс. Поэтому одним из основных требований, определяющих качество имитации перемещений космонавта в рабочем пространстве тренажера, принято считать обеспечение ошибки воспроизведения ускорения, значение которой, обычно, не более 5 %,

Если принять, что в системе отсутствуют дополнительно присоединенные массы и все силы, препятствующие движению объекта обезвешивания, то при внешнем воздействии объект должен двигаться с ускорением, значение которого можно определить согласно выражению

$$a_{TP} = \frac{F_0}{m_0}, \quad (1)$$

где a_{TP} – требуемое значение ускорения объекта обезвешивания; F_0 – внешнее воздействие; m_0 – масса объекта обезвешивания.

В исследуемой системе при перемещении объекта неизбежно возникает отклонение канатного подвеса от вертикали, вызванное этим самым перемещением, что в результате приводит к возникновению качаний подвешенной массы.

На рисунке 2 показана система сил, действующих на объект обезвешивания при движении при горизонтальном движении вдоль моста.

Рис. 2. Расчетная система сил, действующих на объект

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: Т – тележка; О – объект обезвешивания; F_{0_X} и F_{0_Z} – внешнее воздействие на объект обезвешивания в виде проекций на оси OX и OZ ; $F_{УК}$ – усилие в канатной передаче; P_O и P_T – вес объекта и вес тележки; R_M – сила реакции конструкции моста; F_D – усилие, развиваемое электродвигателем тележки; F_C – сила сопротивления движению тележки; α – угол отклонения канатного подвеса от вертикали; a_{0_X} , a_{0_Z} – ускорение объекта обезвешивания (фактическое) в виде проекций на оси OX и OZ ; a_T – ускорение тележки.

Согласно рисунку 2, учитывая массу механизма подвеса, присоединенного к грузу, получим, что в горизонтальной плоскости вдоль направления движения тележки действуют следующие силы F_{0X} , F_{yK} такие, что:

$$(m_0 + m_{\Pi}) \cdot a_{0X} = F_{0X} - F_{yK} \cdot \sin(\alpha), \quad (2)$$

где m_0 – масса объекта обезвешивания; m_{Π} – масса механизма подвеса.

Значение ошибки воспроизведения ускорения δ_a принято определять согласно выражению

$$\delta_a = \frac{a_{TP} - a_0}{a_{TP}}, \quad (3)$$

где a_{TP} – требуемое (идеальное) значение ускорения объекта обезвешивания; a_0 – фактическое значение ускорения объекта обезвешивания.

С учетом выражений 1 и 2 можно определить взаимосвязь между обеспечением требуемой ошибки воспроизведения ускорения δ_a и допустимыми значениями угла отклонения канатного подвеса от вертикали:

$$\delta_a = \frac{m_{\Pi}}{m_0 + m_{\Pi}} + \frac{F_{yK}}{(m_0 + m_{\Pi}) \cdot a_{TP}} \sin(\alpha). \quad (4)$$

Таким образом, можно сделать вывод, что для уменьшения ошибки воспроизведения ускорения при перемещении космонавтов в горизонтальной плоскости необходимо минимизировать массу механизма подвеса и угол отклонения канатного подвеса от вертикали.

Список используемых источников:

1. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина.
URL: <http://www.gctc.ru>
2. Пятибратов Г.Я., Кравченко О.А., Папирняк В.П. Способы реализации и направления совершенствования тренажеров для подготовки космонавтов к работе в невесомости // Изв. вузов. Электромеханика. 2010. № 5. С. 70–76.

© 2016, Киво А.М., Шмат Р.А., Некрасов А.С.
Особенности обеспечения требуемой ошибки по ускорению при перемещении космонавтов в рабочем пространстве тренажеров с силокомпенсирующими системами

© 2016, Kivo A.M., Shmat R.A., Nekrasov A.S.
Features of providing the required mistake on acceleration when moving astronauts in working space of exercise machines with force compensating systems