

- ditive manufacture. // *Materials Science and Technology*. – 2017. – V. 33, №. 2. – P. 138-148.
3. Ma M., Лян Ё., Чжан Ч. Современное состояние и перспективы исследований по приготовлению высокоэнтропийных сплавов по аддитивной технологии производства // *Материалы прямые*. – 2020. – №34(17). – С.17082-17088.
 4. Murr L.E. A metallographic review of 3D printing/additive manufacturing of metal and alloy products and components // *Metallography, microstructure and analysis*. – 2018. – №7. – P. 103-132.
 5. Fedorov V.V., Klimenov V.A., Batranin A.V., Ranga P. Development of electron-beam equipment and technology for additive layer-wise wire cladding // *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC. – 2019. – V. 2167, № 1. – P. 020097.
 6. Körner C. Additive manufacturing of metallic components by selective electron beam melting – a review // *International Materials Reviews*. – 2016. – Vol. 61, № 5. – P. 361-377.

Лян Ичэн (Китай)

Кузьменко Егор Дмитриевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Пустовых Ольга Сергеевна, ассистент

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЕСНИЦЫ, УКАЗЫВАЮЩЕЙ НА ЮГ

Колесница, указывающая на юг, была древнекитайским колесным транспортным средством с механическим приводом, используемым для определения южного направления. Считается, что впервые колесницу, указывающую на юг, изобрел император Хуан Ди, примерно в 2634 году до нашей эры, чтобы вывести свои войска из-под дымовой завесы противника. Древнейшее сохранившееся до нашего времени письменное описание колесницы, указывающей на юг, принадлежит Фу Сюаню (217-278 года н. э.). Данный механизм несколько раз терялся и изобретался заново, и в каждом случае изобретатели получали большое признание. В книге "Гений Китая: 3000 лет науки, открытий и изобретений" автор Роберт Темпл описывает устройство как "большую карету длиной 3,3 метра, глубиной 3,3 метра и шириной 2,75 метра, увенчанную нефритовой статуей "бессмертного" мудреца. Рука фигуры была поднята, указывая вперед, и она всегда была направлена на юг, независимо от

того, в какую сторону поворачивала колесница. Даже если бы дорога была круговой, нефритовая фигура вращалась бы, указывая пальцем в том же направлении [1].

Когда колесное транспортное средство поворачивает, колеса на противоположных сторонах транспортного средства должны поворачиваться с разной скоростью, поскольку ближняя сторона проходит меньшее расстояние, чем дальняя. С ручной тележкой или конным экипажем это может не представлять таких проблем. Но если к оси транспортного средства прилагается сила, заставляющая колеса вращаться, то, как можно позволить одному колесу немного ускориться, а другому немного замедлиться на той же оси? Это стало возможным благодаря дифференциальной передаче. Таким образом, суть изобретения заключается в зубчатом механизме внутри закрытого корпуса колесницы. Дифференциальное движение колес приводило в движение шестерни, что, в свою очередь, заставляло стацию поворачиваться на тот же угол, что и колесница, но в противоположном направлении [2].

Существуют мнения, что колесница имела церемониальное значение, но также считается, что колесница, имела прикладное навигационное значение. В подкрепление первой версии выдвигаются доказательства, что колесница, работает только на твердой и ровной земле. Также отмечается, важность точности при постройке колесницы. Подсчитано, что разница между окружностями колес всего в один процент приведет к изменению направления указательной фигуры на целых 90 процентов на расстоянии, в пятьдесят раз превышающем расстояние между двумя колесами. Это было вызвано тем, что карета все больше и больше отклонялась в сторону, если одно колесо было меньше. Таким образом, для этого изобретения, размер дорожных колес должен был быть точным с погрешностью намного меньше одного процента [3]. Но для подобных предположений существуют веские контраргументы. Во-первых, при использовании колесницы, к ней приставлялись, минимум два воина, следивших за тем, чтобы колеса никогда не отрывались от земли. Во-вторых, применение колесницы, осуществлялось на равнинной территории, на которой обеспечение точности показания было доступно. Также данное изобретение нередко сравнивают с одомером Архимеда, реальное применение которого доказано.

По проведенному исследованию было выдвинуто предположение, что дифференциал в течение всего времени передвижения колесницы не использовался постоянно. Это связано с тем, что достижение абсолютной точности при производстве подобных механизмов практически невозможно. Анализ представляет, что если механизм колесницы, указывающей на юг, основан на дифференциале, а расстояние между колес

колесницы, согласно Темплу, 2,75 метра и данные колеса по диаметру различаются, не более, чем на одну тысячную, то если колесница, указывающая на юг, преодолет тысячу метров, то фигура отклонится на 19 градусов. Если колесница преодолет девять тысяч метров, фигура повернется на 180 градусов. Для обеспечения точности показаний диаметры колес не должны отличаться друг на друга на 0,001 %. Таким образом, вероятнее всего, фигура, указывающая на юг, закреплена, когда она двигалась по прямой, т.е. разьединена с дифференциалом, и соединена с дифференциальной передачей при поворотах. Воины, отвечающие за колесницу, могли бы производить соединять фигуру и дифференциал, непосредственно перед и после каждого поворота.

Само устройство дифференциала в колеснице схоже с дифференциальной передачей в автомобиле. Дифференциал – это совокупность шестерен, которые имеют три вала, связывающие их с внешним миром. Обозначим валы как А, В и С. Шестерни приводят к тому, что скорость вращения вала А эквивалентна сумме скоростей вращения остальных валов. В автомобиле вал А присоединен к двигателю, а валы В и С соединены с двумя колесами. Когда автомобиль поворачивается, внешнее колесо, должно катиться дальше и вращаться быстрее, чем внутреннее колесо. Дифференциальная передача решает данный вопрос. В колеснице, указывающей на юг, вал В соединяется с дорожным колесом, а вал С был соединен через механизм реверса направления с другим колесом. Таким образом, вал А вращался со скоростью, пропорциональной разнице скорости вращения колес. Фигура мудреца соединена с валом А. При передвижении по прямолинейной траектории колеса вращались с одинаковой скоростью, а фигура не двигалась. На повороте, колеса вращались с разной скоростью, поэтому дифференциальная передача заставляла фигуру мудреца поворачиваться, компенсируя поворот колесницы [4].

Таким образом, колесница, указывающая на юг, была работоспособна в Древнем Китае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Temple, R. The Genius of China: 3,000 Years of Science, Discovery, and Invention / R. Temple, J. Needham. – L.: Publisher Prion, 1998. – 260 p.
2. The Chinese South-Pointing Chariot [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.lockhaven.edu/~dsimanek/make-chinese/southpointingcarriage.htm>. (дата обращения 8.03.2021).

3. Remarkable South-Pointing Chariot – Ancient Cybernetic Machine Invented 1,700 Years Ago Is An Engineering Masterpiece [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.ancientpages.com/2014/07/17/remarkable-south-pointing-chariot-ancient-cybernetic-machine-invented-1700-years-ago-is-an-engineering-masterpiece/>. (дата обращения 8.03.2021).
4. South-Pointing Chariot [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://alchetron.com/South-pointing-chariot>. (дата обращения 8.03.2021).

Маамо М. Шико (Сирия)

Московский авиационный институт, г. Москва

Научный руководитель: Афонин Александр Анатольевич, к. т. н., доцент

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ КРЫЛА САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ И ТЕХНОЛОГИИ СЛИЯНИЯ СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

На сегодняшний день конструкции из тонкостенных балок используются в качестве основных структурных компонентов крыла самолета. Применение этих структур в современных летательных аппаратах (ЛА) значительно расширилось с появлением волокнистых композиционных материалов. В сочетании с относительной легкостью самолеты имеют тенденцию становиться очень гибкими, демонстрируя, например, большую деформацию крыла при нормальных эксплуатационных нагрузках, что существенно сказывается на их аэродинамических и прочностных характеристиках [1,2], следовательно, использование системы измерения параметров вибрации (СИПВ) крыла становится необходимым для диагностики его состояния, прогнозирования появления и развития его дефектов [3,4].

Существующие СИПВ крыла самолета обычно реализуются на основе: пьезоэлектрических акселерометров, оптических датчиков или МЭМС-акселерометров. К достоинствам СИПВ, построенной на основе пьезоэлектрических акселерометров, можно отнести: достаточную точность; устойчивость к вибрациям, ударным воздействиям и высоким температурам. К ее недостаткам относятся: высокая стоимость и энергопотребление, значительные масса и габариты с учетом монтажных устройств и громоздких усилителей заряда; искажение сигналов при