

ИСТОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ ШЕСТЕРНИ: ОТ ДРЕВНОСТИ К СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ

Джасем Мохамад Али

Научный руководитель: Фадеева Вера Николаевна, к.ф.н., доцент ТПУ
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет

Сегодня, оценивая уровень развития современного человечества, анализируя причины технического прогресса, мы обнаруживаем, что шестерня или промышленное колесо, основной элемент, приведший нашу цивилизацию к прогрессу и процветанию, получило широкое распространение всего сто лет назад. Несмотря на такую значительную роль, которую сыграла шестерня в ходе НТП, мы редко замечаем ее присутствие вокруг нас. Хотя ее изображение в виде простого диска, с зазубринами по краям, является символом промышленного развития, машинного производства.

Мы видим это в логотипах министерств промышленности, промышленных компаний, банков и флагов некоторых стран, почтовых марок, некоторых монет. В геральдике, начиная с 18 века, используют изображение шестерни. После 1848 года эта эмблема появляется в городских гербах, когда хотели подчеркнуть наличие в этих городах фабричного или заводского производства. В Европе шестерня получила международное распространение и признание, как эмблема техники и промышленности в последней четверти 19 века. Шестеренку можно встретить на гербах некоторых государств, например, на гербе Анголы, Ботсваны. Центральный банк Филиппин в своём логотипе использует шестеренку. В Великобритании на монете 2 фунтов в центре представлено колесо из шестеренки. Китай использует зубчатое колесо на своем гербе. [1]

В СССР тоже отдавали должное шестерне. На монете 1924 г. изображена шестеренка. На гербе города Кемерово, города Барановичи из Брестской области присутствует изображение шестерни, подчеркивая принадлежность этих городов к производству или машиностроению. [2]

Шестерня редко замечается, но присутствует во всех механических или электромеханических машинах, наручных часах, на двигателем валу в гигантских двигателях. Это та же самая шестерня, хотя и в разных размерах и материалах.

Шестерня — это зубчатое колесо из твердого материала, прикрепленное к вращающейся оси, зубцы одной шестерни захватывают другую и таким образом передают и видоизменяют движения и

вращающий момент. Ее цель - передать круговое движение и крутящий момент от одной части машины к другой [3]. Несмотря на множество типов зубчатых передач, их форм и материалов, можно сказать, что принцип шестерни прост. Чтобы передать движение, должен быть носитель и передатчик, поэтому шестерни всегда работают парами. Меньшая, из пары шестеренок, обычно называется малым зубчатым колесом. [4].

Хотя шестерня стала символом промышленности и прогресса в нашем современном мире, шестерня была известна очень давно. Она берет свое начало от колеса, но история все еще неспособна определить ее точный возраст. Большинство историков относят это открытие к Месопотамии. Самое старое конкретное доказательство существования движущегося транспортного средства на колесах, это клинописный текст, найденный на территории бассейна Евфрата, относящийся к 3500 года до н.э.. Самое старое фарфоровое колесо, найденное в мире, относится к тому же региону и к 3200 году до н.э.. Поэтому можно сказать, что шумеры не только первыми открыли колесо, но и первыми, кто преуспел в разработке концепции кругового движения, чтобы извлечь из нее выгоду [3].

Что касается шестерни, ее история представляется еще более загадочной, чем история колеса. В качестве шестеренок изначально использовались гладкие колеса, но они проскальзывали, поэтому были сделаны зазубрины, которые цеплялись друг за друга и позволяли колесам вращаться. [5]

Таким образом, можно говорить, что зубчатая передача появилась за несколько веков до нашей эры. Со временем происходило улучшения формы зубьев.

Некоторые историки приписывают греческому математику и изобретателю Архимеду (287-212 гг. до н.э.) открытие шкива, крана и шестерни. Архимед изобретал удивительные вещи, развивал эти нововведения и изучал теоретические законы, которые регулируют их работу. Поэтому, как говорят, он смог сделать кран, который позволил ему перетащить корабль на землю [3]!

Другой греческий математик и механик, Герон Александрийский, который также жил в первом веке до н.э., сам испытал шестерню, когда изобрел первую измерительную машину, основанную на количестве колесных циклов тачки [4]. Во времена Герона шестерни уже были широко распространены. Они считались приемлемым средством передачи движения для решения каких-то механических проблем. Одной из древних книг, посвященной проблеме механики была книга Герона Александрийского, которая называлась «Механика». Но до нас дошел

только арабский перевод. В этой книге Герон рассматривает простые механизмы, такие как ворот, рычаг, блок, клин, винт, зубчатые передачи. Это энциклопедия античной техники.

Она разделяется на три книги, Первая начинается с описания прибора с зубчатыми колесами, с помощью которого небольшой силой можно поднять большой груз. Начало этой книги в подлиннике сохранилось в книге 8-й «Математической Библиотеки» Паппа Александрийского; там она носит название «Барулк». [6]

Многое из того, что мы знаем сегодня о научных достижениях Архимеда, известно из трудов римского мыслителя Марка Витрувия Поллиона, который жил в первом веке до нашей эры. Он оставил книгу из десяти частей, подтверждающую, что деревянная шестерня была известна в эпоху Архимеда, и использовалась в машинах, таких как краны и шкивы. Его механизмы использовались в военной технике того времени и были предшественниками современной червячной передачи. Архимед был также одним из первых конструкторов астрономических часовых механизмов.

Считается, что М. Витрувий, усовершенствовал древние водяные часы клепсидра. Он приспособил к ним зубчатое колесо, которое приводилось в движение поплавком. По мере того, как из клепсидры убегала вода, поплавок заставлял двигаться стрелки на циферблате. Это был один из первых примеров создания привода с постоянной заданной скоростью вращения.

Римляне были первыми после греков в использовании шестерен, особенно в колесах водяных мельниц и кранов, использовались при строительстве и разгрузке груза. Затем в средние века, использование шестерен получило свое дальнейшее развитие. Во многом это произошло благодаря арабам.

В средние века в работе водяных мельниц использовали модернизированные шестерни. Появились шестерни из других материалов, например, в Швеции шестерни были из камня. Размеры шестерен также подверглись изменениям. В часовых механизмах шестерни получили свое дальнейшее развитие и обрели миниатюрность.

С 13 века часы становятся механическими. Считается, что часовой механизм на основе шестерни зародился примерно в 1285 году. Он был изобретён монахами и впервые использовался для того, чтобы отбивать часы во время церковных служб.

На востоке механика называлась «илм ал-хийал», т. е. учением о хитроумных приспособлениях, что является переводом греческого термина *mechané*. Механика делилась на учение о военных машинах и о

хитроумных приспособлениях, которые использовались для поднятия тяжестей и воды для поливки полей.

Древнейшее из сочинений, содержащих информацию о механике «Ключи наук» Абу Абдаллаха Юсуфа ал-Хорезми (IX в.). В основе «Механика» Герона.

«Механические проблемы» и «Механика» Герона лежат в основе механических глав «Книги знания» Ибн Сины, где рассматриваются пять простых машин: рычаг, блок, ворот, клин и винт, а также их комбинации – некоторые отсутствуют у Герона.

В переводах Сабита ибн Корры сохранились сочинения Архимеда, которые не дошли до нас в греческом оригинале.

Известна «Книга о механике», принадлежавшая знаменитым астрономам и математикам Багдадской школы, трем братьям Бану Муса, сыновьям Моисея ибн Шейкера, которые жили в девятом веке нашей эры. Трактат братьев Бану Муса породил целый ряд комментариев и трактатов, написанных на его основе. [6]

Сыновья Моисея были воспитаны под опекой халифа аль-Мамуна после смерти отца. Под покровительством халифа, Мохаммед стал астрономом и математиком, Ахмед преуспел в механике и хорошо разбирался в евклидовой геометрии [7].

Сыновья Мусы ибн Шакира изучили все, что было открыто и изобретено греками. Им принадлежат научные достижения и механические изобретения, которые намного превосходили все, что было открыто до тех пор. Они сделали ряд научных открытий в области измерения поверхностей и сфер, разделения углов, занимались вопросами движения земного шара, начала мира, строение атома. [8].

Ахмед посвятил себя механической науке и написал книгу «Книга механики». Книга недавно была переведена на английский язык, поскольку она представляет интерес, как источник сведений о развитии механики на арабском востоке. Книга содержит теории о механизмах и нововведения, которые были сделаны учеными востока. Среди нововведений Ахмеда, о которых мы говорим, например, самостоятельная обрезка лампы осуществляется плавающим валиком, движущимся вниз, так как количество оставшегося в нем масла уменьшается, перемещаясь через зубчатые колеса, установленные в воздухе, чтобы продолжить зажигание [9].

В следующем столетии Абу Абдулла аль-Хорезми создал научную энциклопедию «Ключи науки», которая подтверждает, что шестерня находилась в центре элементов машин [5][10]. Одним из наиболее важных применений шестерни, которые арабы использовали, основываясь на исследованиях Бени Шейкера, было создание часов. Он описал ремонт,

который он сделал на часах у ворот Жирона в Дамаске в 1160 году, и описал широкий спектр передач [7].

Механическим устройством для поднятия воды посвящен трактат Абу-л-Изза Исмаила ал-Джазари (XII – XIII вв.) «Книга о познании инженерной механики». Такого же рода устройства рассматриваются в трактате Мухаммада ибн-Али ал-Хурасани «О водяных колесах и подъеме воды и служащих для этого механических устройствах».

Многочисленные описания всевозможных механических устройств, применявшихся в разных странах ислама, содержатся в географических сочинениях ал-Кинди Якута и Ибн Халдуна. Ал-Бируни рассматривает их при описании ирригационных сооружений в Хорезме.

В XIII веке н.э. Ибн аль-Разаз аль-Джазри написал книгу машин в Диярбакыре в 1206 году н.э., в которой рассматривались такие важные темы, как водные пути и водотоки, которые достигли высокого уровня сложности и сложности с точки зрения использования множества передач в управлении движением лодок и мельниц [9].

Одним из самых ярких арабских ученых в механике является Таки аль-Дин Мухаммад Ибн Мааруф, астроном, который родился в Дамаске и умер в Стамбуле в 1585 году. Среди его научных работ - «Книга планет промышленности механических часов». Эта книга, которая датируется 1559 годом, включает в себя шестьдесят три рисунка механизмов часов со всеми передачами [6].

Дальнейшее развитие зубчатых колес в европейской науке связывают с итальянцем Леонардо да Винчи. Он изобретал новые машины, его рисунки подтверждают, что шестерни с их кинетическими способностями занимают центральное положение. В 15 веке он разработал дифференциальный привод и роликовую цепь. Он сумел использовать не только известную в средние века энергию ветра и воды он использовал и энергию упругости. Именно этот источник и лежит в основе разработанных им механизмов. Это были шагомер, механическая пила, токарный станок с педальным приводом и с маховым колесом, которое обеспечило равномерность вращения. Леонардо использовал различные варианты зубчатых передач, он начертил эскизы этих устройств для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот. Он сконструировал коническую и спиральную передачи, придумал роликовую цепь, которая сегодня применяется на велосипедах. Он создал основы теории передаточных механизмов пространственных и плоских зубчатых зацеплений, передачи с гибкими звеньями с переменными скоростями вращения. Это стало фундаментом для классической инженерной механики, которая обрела математическую основу только в Новое время. [11]

В 17-18 веках начали разрабатывать классическую теорию зацепления профилей зубьев такие известные ученые механики как Ф. Делахир, Л. Эйлер, М. Камус.

Работы Эйлера посвящены вопросам механики машин. В работе «О машинах вообще» (1753) он впервые выделил три составные части машины. В дальнейшем их определяли как двигатель, передача и рабочий орган. Эйлер исследовал работу гидравлических машин и ветряных мельниц, изучал трения частей машин. В своих трудах он касался вопросов профилирования зубчатых колёс (обосновал и развил аналитическую теорию эвольвентного зацепления).

Авраам Кестнер в 1781 году в Германии написал «О практических методах расчета профилей зубьев эвольвентного зацепления». Он считал угол профиля в 15 градусов минимально необходимым для практического использования.

В 1832 году англичанин Роберт Виллис разработал стандарт размеры зубьев используемый и по сей день. Он также предложил считать стандартным угол профиля исходного контура в 14,5 градусов, так как его синус очень близок к 0,250. Значение 14,5 градусов был единственным для угла профиля исходного контура до начала Второй Мировой Войны. Во второй половине двадцатого века увеличился спрос на большую мощность и это означало разработку нового угла профиля. Его значение составляло 20 градусов.

Необходимо отметить вклад в развитие машиностроения таких ученых как Г. Монж (1746- 1818 гг.), А. Бетанкур (1758 -1824 гг.), Ж. Понселе (1788-1867гг.), Р. Виллис (1800-1875гг), Ф. Рело (1829-1905 гг.), Ф. Ф. Редтенбахер (1809-1863гг.), П.Л. Челбышев (1821-1894). Они заложили основы дисциплины о деталях машин и основы конструирования. [6]

В наше время наиболее значительные усовершенствования шестерней происходят в области материалов для их производства. Возможности современной металлургии продлили срок службы шестерней. Применяются практически бесшумные пластиковые шестеренки, которые не нуждаются в смазывании.

Следует отметить, что каждая шестерня имеет фиксированный срок службы. Чтобы продлить срок службы шестерни, должны смазываться. В прошлом эти вещества были животными жирами и растительными маслами. Сегодня развивается нефтехимическая смазочная промышленность, а промышленные шестерни были сокращены с помощью широкого спектра смазочных материалов [10].

В современном машиностроении широко распространены передачи с применением эвольвентного профиля зуба. Такие передачи

просты в изготовлении и имеют очень невысокую стоимость. В то же время такие передачи не могут обеспечить высокую кинематическую точность и большое передаточное отношение. Существует волновая передача и профиль зуба, который открыл М. Л. Новиков в 1954 году. Волновая передача способна обеспечить большое передаточное число (от 40 до 300) и высокую кинематическую точность и все это при относительно малых габаритах и массе. Главным недостатком волновой передачи является дорогостоящее производство. Применяется волновая передача в самых различных областях: медицина, робототехника, производство манипуляторов и т. д.

Таким образом, целью нашей работы является разработка методов расчета нагрузочной способности зубьев, оценки КПД волнового редуктора и влияния конструктивно-технологических параметров на динамические характеристики устройства на основе математического моделирования и теоретико-экспериментальных исследований.

Для достижения цели необходимо решить задачи: разработать кинематическую схему и описать принцип работы редуктора, создать математическую модель редуктора, провести силовой анализ зацепления, расчеты потерь на трение зацепления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестерня символ индустриализации [Электронный ресурс] // Форум коллекционеров. — Режим доступа: <https://www.retrov.ru/threads/shesternja-simvol-industrializacii.39761> Дата обращения: 15.04.2018.
2. Гербы и флаги [Электронный ресурс] // Гербы и флаги. — Режим доступа: <http://f-gl.ru> Дата обращения: 15.04.2018.
3. Oleson John Peter. Greek and Roman Mechanical Water-Lifting Devices: The History of a Technology, Phoenix, supplementary Vol. 16, Toronto: University of Toronto Press, 1984, ISSN 0079-1784
4. Lewis, M. J. T. "Gearing in the ancient world." Endeavour 17.3 (1993): 110-115.
5. Шестеренка [Электронный ресурс] // Словари. — Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes> Дата обращения: 15.04.2018.
6. Шейпак А. А. История науки и техники. Материалы и технологии: учебное пособие. Ч. 2. Второе издание стереотип. - М.: МГИУ, 2004.-302с.
7. Abu Khalil, Shawqi and Mubarak, Hani, 1996 - The role of Islamic civilization in the European Renaissance, Dar al-Fikr, Damascus.

8. Бану Муса [Электронный ресурс] //Wikipedia. The free Encyclopedia.—Режим доступа:https://ru.wikipedia.org/wiki/Бану_Муса. Дата обращения: 15.04.2013.
9. Hill, P. The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices:(Kitāb fī ma'rifat al-ḥiyal al-handasiyya). Springer Science & Business Media, 2012, p.273
10. Nasr, S.Hossein, 1976-Islamic Science, world of Islam festival publishing Co.,UK
11. История редуктора от древних времен до наших дней [Электронный ресурс] // ФАМ-Групп. — Режим доступа: http://fam-drive.ru/News/reductor_history Дата обращения: 15.04.2018.

ЯПОНСКАЯ ФИЛОСОФИЯ РАБОТЫ

Иманкулов Руслан Бакытжанович

Научный руководитель: Вторушин Николай Анатольевич,
старший преподаватель ТПУ

Национальный исследовательский Томский политехнический
университет

Введение

На данный момент Япония находится на третьем месте по ВВП среди всех стран мира, учитывая, что у Японии весьма ограниченные земельные и ископаемые ресурсы и упадок страны после поражения во второй мировой войне возникает вопрос: Как японский народ смог оправиться от таких сильных невзгод? Ответ же заключается в уникальной философии японцев в отношении работы.

Основная часть

Выделим основные особенности японской организации трудовой деятельности и рассмотрим их подробнее:

1. Рабочий день.
2. Рабочий коллектив.
3. Преданность фирме.
4. Философия Кайдзен.

Рабочий день:

Средний рабочий день японца составляет 12 часов, и введена почасовая оплата. Большинство людей работают сверхурочно. Никто не