

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 3, Number 301 (2015), 10– 18

UDC 621.01

Research of dynamics of planetary gear

G. Ualiyev, A.A. Jomartov
dgpimmash@mail.ru

Institute of Mechanics & Mechanical Engineering named after U.A. Dzholdasbekov, Almaty

Key words: planetary gear, dynamics, model, SimulationX

Abstract. Planetary gear is a mechanical system consisting of the several planetary gears rotating around a central, sunny, gearwheel. The planetary gearwheels are fixed together using the carrier. The planetary gear may also include the additional outer ring gearwheel that has internal tooth with the planetary gearwheels. The paper shows, that the dynamics of the planetary gear can be modeled on the software package SimulationX, using the universal basic structures. SimulationX - a multidisciplinary software package for modeling of physical and technical objects and control systems is developed by ITI GmbH. On a uniform platform the program simulates the behavior and interaction of different physical objects mechanics (1D and 3D), the drive technology, electrical, hydraulic, pneumatic and thermodynamic systems. SimulationX software package allows easy simulate the dynamics of the planetary gear with the elasticity between the satellite and the carrier, the clearances in the teeth, the centrifugal forces and unbalance on the satellite or the central wheel, the friction of the teeth and the bearings. Visual models and graphical results are particularly useful for students and engineers in the study of the existing planetary gear.

УДК 621.01

Исследование динамики планетарных зубчатых передач

А.А. Джомартов, Г.Уалиев
dgpimmash@mail.ru

Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова, МОН РК Алматы

Ключевые слова: планетарная передача, шестерня, динамика, модель, SimulationX

Аннотация. Планетарная зубчатая передача это механическая система, состоящая из нескольких планетарных зубчатых колес вращающихся вокруг центральной, солнечной, шестерни. Планетарные шестерни фиксируются вместе при помощи водила. Планетарная передача может также включать дополнительную внешнюю кольцевую шестерню, имеющую внутреннее зацепление с планетарными шестернями. В работе показано, что динамику планетарной зубчатой передачи, можно смоделировать на программном комплексе SimulationX, при помощи универсальных базовых структур.

Планетарной зубчатой передачей (см. рисунок 1) называется механизмом, в котором имеется хотя бы одно зубчатое колесо с подвижной в пространстве осью [1].

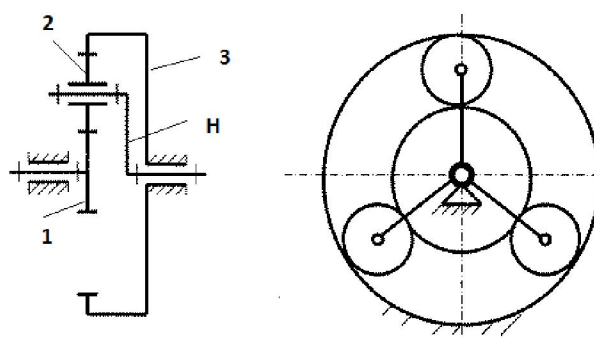


Рисунок 1 - Планетарная зубчатая передача

На рычаге H , называемом водилом, закреплено свободно вращающееся колесо 2, вокруг пальца. При вращении водила H вокруг оси, вместе с ним будет двигаться и зубчатое колесо 2, так что его центр будет описывать окружность. Этим планетарная зубчатая пара принципиально отличается от обычной зубчатой передачи, в которой оба колеса имеют неподвижные центры. Движение колеса 2 (см. рисунок 1) похоже на движение планеты вокруг солнца, вследствие чего колесо 2 получило название планетарного, или сателлита, а центральное колесо 1 – солнечного, а колесо 3 называется коронным. Движение сателлита будет уже не простым вращательным, а более сложным – плоским движением. На рисунке 2 показаны простейшие схемы планетарных зубчатых передач [2].

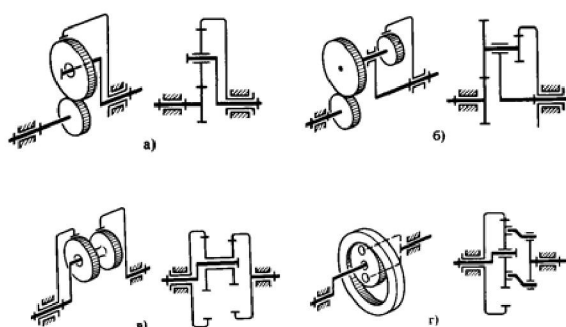


Рисунок 2 - Схемы планетарных зубчатых передач

Вышеприведенные схемы планетарных зубчатых передач, хорошо могут быть рассчитаны на программном комплексе SimulationX.

SimulationX – междисциплинарный программный комплекс для моделирования физико-технических объектов и систем управления, разработанный фирмой IPT GmbH [3]. На единой платформе программа моделирует поведение и взаимодействие различных физических объектов механики (1D и 3D), приводной техники, электрических, гидравлических, пневматических и термодинамических систем.

Основное достоинство программы заключается в быстром построении моделей из интуитивно-понятных объектов: механики (масса, сила, момент, пружина, демпфер, трение, рычаг и т.д.), пневматики и гидравлики (пневмоцилиндр, клапан, дроссель и др.), машиностроения и электромеханики (моторы, муфты, сцепления, зубчатая и другие передачи, карданный вал, дифференциал и т.д.), управления (датчики-измерители, управляющие сигналы и пр.)

Библиотека планетарных зубчатых передач программного комплекса SimulationX состоит из универсальных базовых структур. Сочетание этих элементов позволяют моделировать динамику различных планетарных зубчатых передач с учетом инерционных, массовых параметров, степеней подвижности, влияния упругости подшипников и деформаций контактов зубчатых соединений. Согласно, количества возможных сборок центральных колес и сателлитов, существуют восемь различных видов основных структур планетарных зубчатых передач (см. рисунок 3), которые могут быть смоделированы с помощью библиотечных планетарных структур.

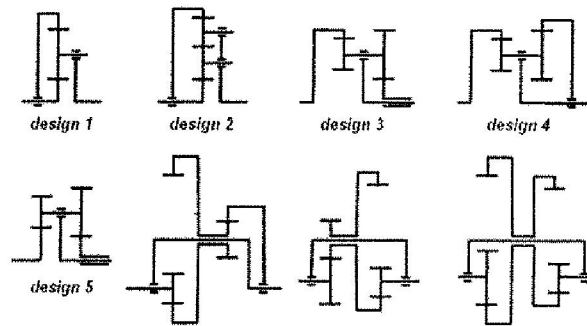


Рисунок 3 - Основные виды структур планетарных зубчатых передач

Базовыми структурами планетарных зубчатых колес являются элементы, используемые для преобразования скорости вращения и крутящего момента, а также перемещений и усилий в процессе передачи. Они моделируют зубчатый контакт между центральным колесом и сателлитом и упругость подшипника между сателлитом и водилом.

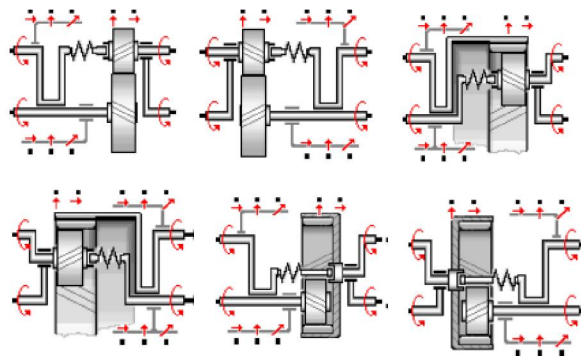


Рисунок 4 - Модели базовых структур планетарных зубчатых передач

Библиотека планетарных зубчатых передач состоит из шести различных моделей базовых структур (см. рисунок 4). Базовые структуры позволяют: учитывать упругие и жесткие взаимодействия между сателлитом и водилом (упругость подшипников и водила), зазоры в зубчатых зацеплениях, центробежные силы и дисбаланс на сателлите или центральном колесе, различные виды потерь (фрикционные) в контактах зубьев и в подшипниках,

Моделирование планетарной зубчатой передачи с помощью базовых структур. Базовые структуры планетарных зубчатых колес представляют собой наименьшую единицу для моделирования планетарной передачи. Здесь показывается разбиение цилиндрической зубчатой планетарной передачи на базовые структуры и, с дальнейшим моделированием на SimulationX полной структуры этой передачи. На рисунке 5 показана цилиндрическая зубчатая планетарная передача с одним сателлитом. Эта передача содержит две кинематические базовые структуры: колесо – водило – сателлит, коронная шестерня-сателлит-водило.

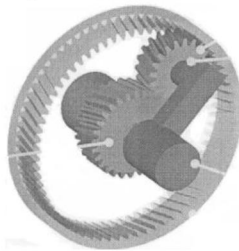


Рисунок 5 - Планетарная зубчатая передача с одним сателлитом
На рисунке 6 показано, разбиение планетарной зубчатой передачи на базовые структуры

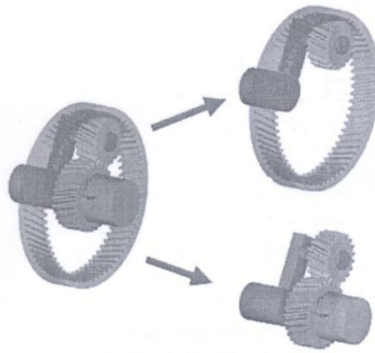


Рисунок 6 - Разбиение планетарной зубчатой передачи на две базовые структуры
 На рисунке 7 показано построение модели на SimulationX, для каждой базовой структуры

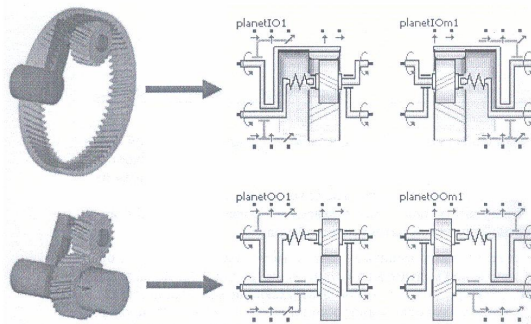


Рисунок 7 - Построение модели на SimulationX

На рисунке 8 показана окончательная модель планетарной зубчатой передачи одним сателлитом

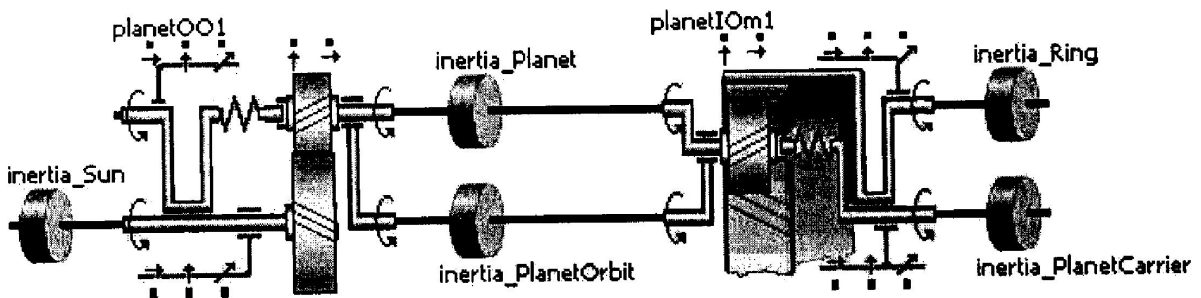


Рисунок 8 - Окончательная модель планетарной зубчатой передачи одним сателлитом

Пример. Рассмотрим моделирование планетарной зубчатой передачей (см. рисунок 9) с следующими параметрами: $J_s = 5.68 \cdot 10^3 \text{ kgm}^2$ - момент инерции солнечного колеса, $J_{pc} = 2.5 \cdot 10^2 \text{ kgm}^2$ - момент инерции водила, $J_p = 7.8 \cdot 10^3 \text{ kgm}^2$ - момент инерции планетарного колеса, $m_p = 4 \text{ kg}$ - вес планетарного колеса, $r_p = 112.71 \text{ mm}$ - радиус водила

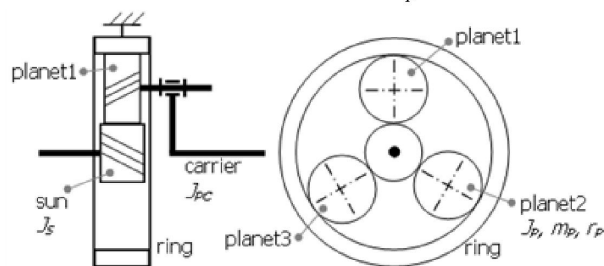


Рисунок 9 - Схема планетарной зубчатой передачи

На рисунке 10 показана модель планетарной зубчатой передачи на программном комплексе SimulationX

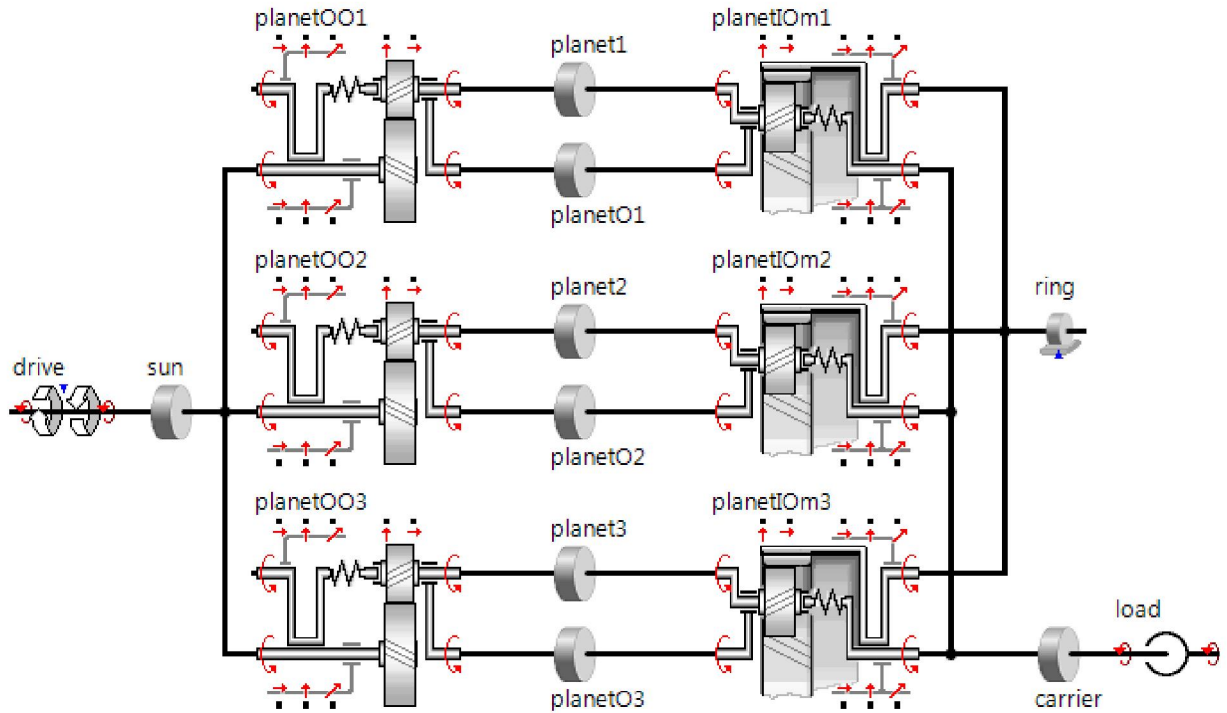


Рисунок 10 - Модель планетарной зубчатой передачи на программном комплексе SimulationX

Результаты моделирования. На рисунке 11 показаны графики угловых скоростей входного – солнечного колеса и выходного – водила.

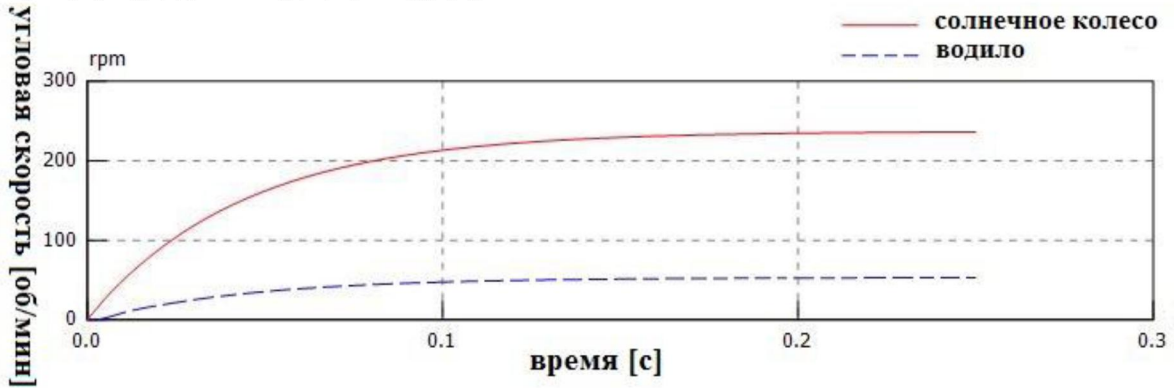


Рисунок 11 - Графики угловых скоростей солнечного колеса и водила

На рисунке 12 показан график углового ускорения водила без учета зазоров в зубчатых соединениях

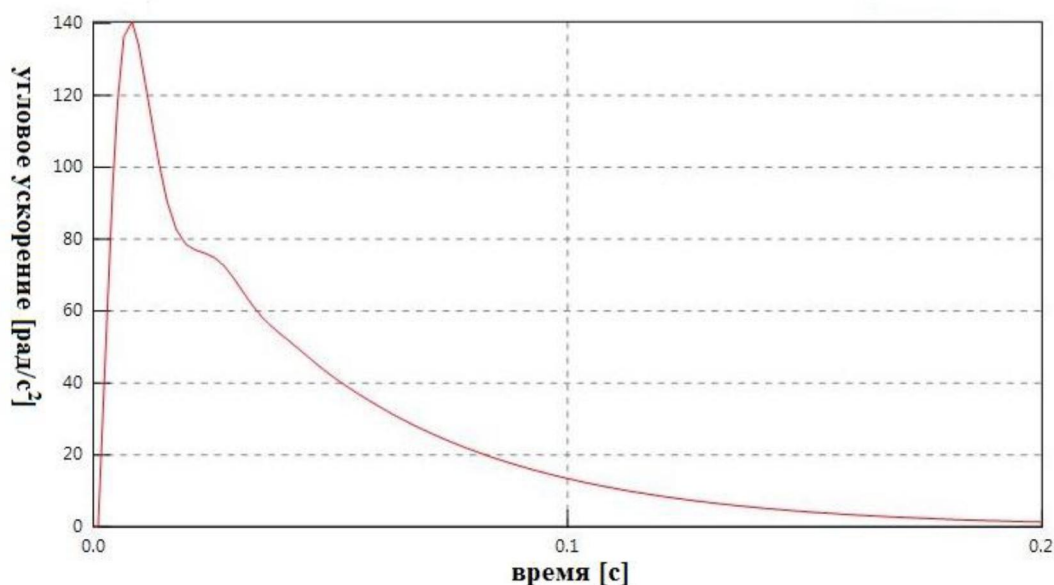


Рисунок 12 - Угловое ускорение водила без учета зазоров в зубчатых соединениях

На рисунке 13 показан график углового ускорения водила с учетом зазоров в зубчатых соединениях

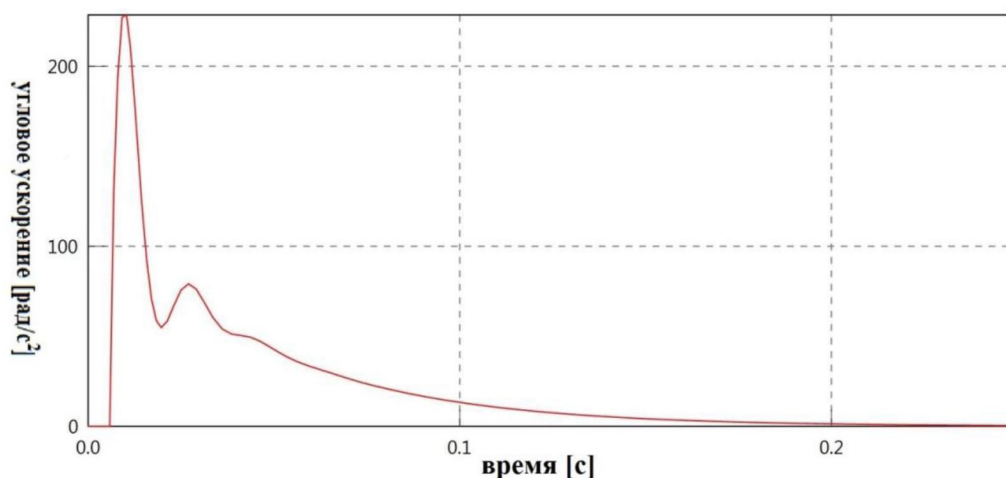


Рисунок 13 - Угловое ускорение водила с учетом зазоров в зубчатых соединениях

Как видно из рисунков 12 и 13 максимальное ускорение водила, при учете зазоров в зубчатых соединениях, возрастает в 1.5 раза. Динамика планетарной зубчатой передачи с учетом зазоров существенно отличается от динамики идеальной планетарной передачи.

Программный комплекс SimulationX позволяет легко смоделировать динамику планетарной зубчатой передачи с учетом упругости между сателлитом и водилом, зазоров в зубчатых зацеплениях, центробежных сил и дисбаланса на сателлите или центральном колесе, трения в контактах зубьев и в подшипниках. Наглядность моделей и графическое получение результатов особенно полезны для студентов и инженеров при исследовании существующих планетарных зубчатых передач.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кудрявцев В. Н., Кирдяшев Ю. Н. Планетарные передачи. Справочник. Л.: Машиностроение, 1977, 536 с.
- [2] Крайнев А. Ф. Словарь-справочник по механизмам. М.: Машиностроение, 1987, 560 с.
- [3] IPI GmbH <http://www.simulationx.com/>

REFERENCES

- [1] Kudrjavcev V.N., Kirdjashev Ju. N. *Planetarnye peredachi. Spravochnik*. L.: Mashinostroenie, 1977, 536 s. (in Russ.)
- [2] Krajnev A.F. *Slovar'-spravochnik po mehanizamam*. M.: Mashinostroenie, 1987, 560 s. (in Russ.)
- [3] IPI GmbH <http://www.simulationx.com/>

Планетарлық тісті берілістердің динамикасын зерттеу

А.А. Жомартов, Г. Уәліев
dgpimmash@mail.ru

(Академик Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты,
Алматы қ.)

Кілт сөздер: планетарлық беріліс, динамика, модель, SimulationX

Аннотация. Планетарлық тісті беріліс бұл орталық күнді тісті доңғалақ төңірегінде айналшықтайтын бірнеше планетарлық тісті доңғалақтардан тұратын механикалық жүйе. Планетарлық тісті доңғалақтар жетекшінің көмегімен бірге байланысады. Сонымен қатар планетарлық берілісте планетарлық тісті доңғалақтармен ішкі ілінісі бар қосымша сыртқы сақиналық тісті доңғалақ болуы мүмкін. Жұмыста планетарлық тісті берілістің динамикасын SimulationX бағдарламалық кешенінде әмбебап базалық құрылымдардың көмегімен модельдеуге болатыны көрсетілген.

Сведения об авторе статьи

Исследование динамики планетарных зубчатых передач

Фамилия, Имя, Отчество **Джомартов Асылбек Абдразакович**

Ученая степень и ученое звание **д.т.н., член-корр. НИА РК**

Место работы и должность **Институт механики и машиноведения им. академика У.А. Жолдасбекова, зам. генерального директора директора. Электронная почта legsert@mail.ru**

Контактный телефон **(727) 2723426, 7773295999**

Сведения об авторе статьи

Исследование динамики планетарных зубчатых передач

Фамилия, Имя, Отчество **Уәліев Гахип**

Ученая степень и ученое звание **д.т.н., академик. НАН РК**

Место работы и должность **Институт механики и машиноведения им. академика У.А. Жолдасбекова, зав. лабораторией.**

Электронная почта dgpimmash@mail.ru

Контактный телефон **(727) 2723426**

Поступила 18.04.15 г.