

УДК 621.83

## СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В САПР SOLIDWORKS И SIEMENS NX

А. Ю. ЖЕЖЕНКО

Научный руководитель Е. Г. КРИВОНОГОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Все чаще в приводах современных устройств находят свое применение планетарные передачи. Особенно широко они используются в таких областях, как машиностроение, робототехника, измерительные приборы, транспортные системы, авиация и др. Создается большое количество передач новых типов, расчет и проектирование которых происходит с применением современных методов компьютерного моделирования, что позволяет сократить сроки проектирования и провести предварительные исследования без создания дорогостоящих стендов.

Однако перед тем, как приступать к исследованию передач новых типов, необходимо провести исследование известной передачи, которую можно рассчитать аналитически известными методами и получить сходимость результатов. Для данной цели был выбран планетарный механизм, представленный на рис. 1.

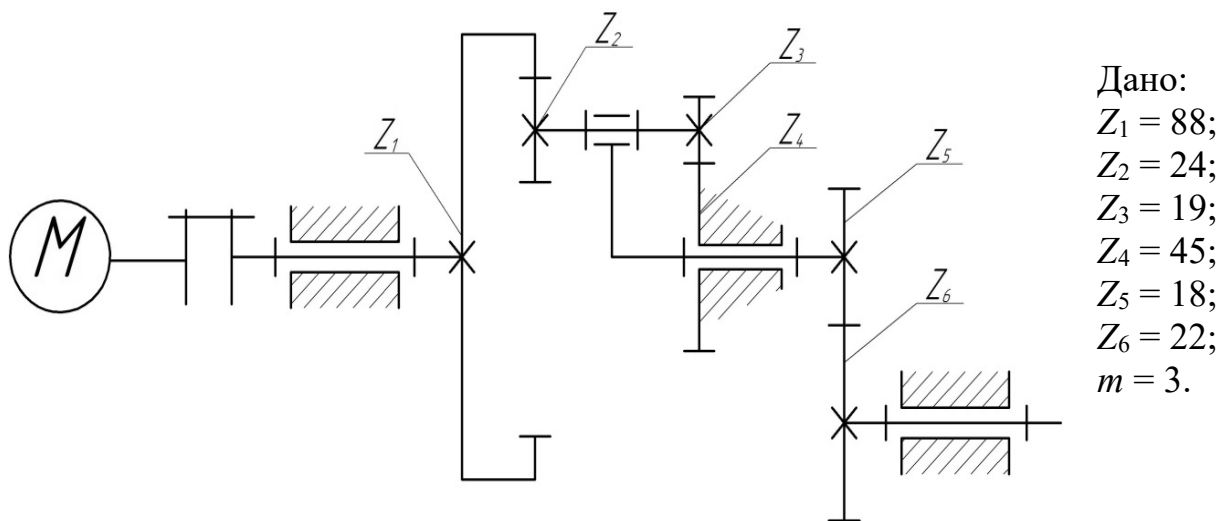


Рис. 1. Схема исследуемого планетарного механизма и входные данные

Непосредственно перед моделированием выполняем аналитический расчет методом обращенного механизма [1].

Для определения передаточного отношения воспользуемся методом обращенного движения. Сообщаем всем звеньям механизма угловую скорость, равную по величине и обратную по направлению угловой скорости водила  $-\omega_h$ . При этом водило останавливается, а опорное колесо начинает вращаться и движение будет передаваться от солнечного колеса (имеющего угловую скорость  $\omega_1 - \omega_h$ ) к опорному колесу (с угловой скоростью  $\omega_4 = 0 - \omega_h = -\omega_h$ ).

Передаточное отношение  $U_{14}^h$  обращенного механизма можно рассчитать через угловые скорости ведущего и ведомого звена и через числа зубьев колес.

Для компьютерного моделирования выполняем построение трехмерной модели планетарного механизма. Для расчета геометрических параметров зубчатых колес воспользуемся двумя приложениями: GearTrax и «Валы и механические передачи 2D» в составе САПР Компас-3D. После чего совместим профили зубьев колес (рис. 2).

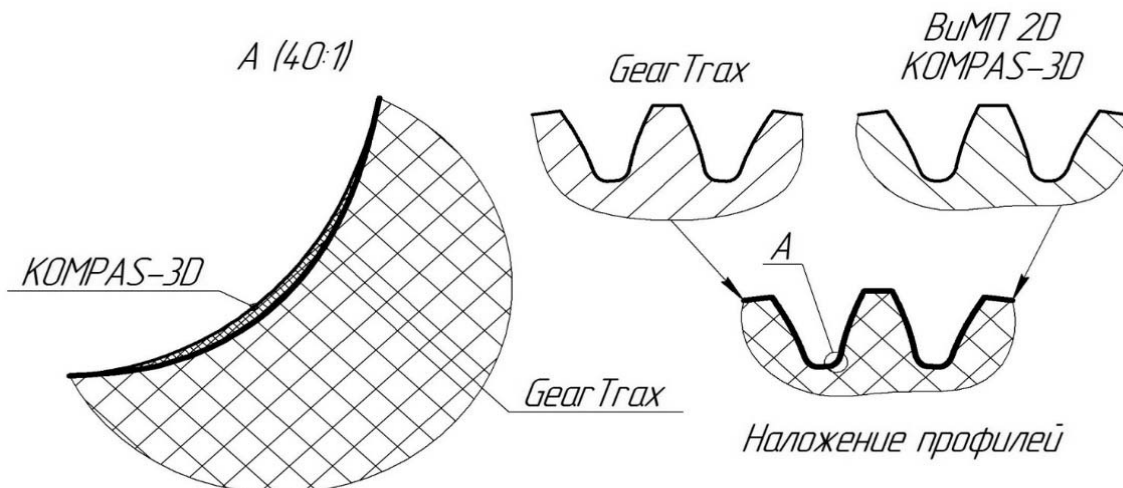


Рис. 2. Наложение зубчатых профилей, построенных при помощи GearTrax и приложения «Валы и механические передачи 2D»

Как видно из рис. 2, геометрия эвольвенты, а также других параметров совпадает полностью. Отличие имеет лишь форма впадины. Так как основное влияние на кинематические характеристики оказывает форма эвольвенты, то для дальнейших расчетов используем модели, построенные в GearTrax.

Кинематическое исследование проводим с использованием двух САПР: SolidWorks и Siemens NX.

После построения модели планетарного механизма для корректной работы необходимо назначить связи. Проводим два исследования с использованием связей типа «Кинематическая связь» (SolidWorks – редуктор, Siemens NX – зубчатая передача) и «Контакт» [2].

Накладываем на сборку действие силы тяжести, а к выходному валу прикладываем момент сопротивления  $M_{сопр} = 100$  Н·м, направленный в противоположную сторону вращения выходного вала. Это необходимо для устранения зазора в зацеплении. В качестве исследуемых параметров выступают угловые скорости составных звеньев планетарного механизма  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_5, \omega_6$ , а также передаточное число механизма.

Данные, полученные при выполнении исследования, для удобства сведены в табл. 1, а средние расхождения результатов моделирования – в табл. 2.

Табл. 1. Результаты моделирования механизма

Параметр	$\omega_1$ , град/с	$\omega_2$ , град/с	$\omega_3$ , град/с	$\omega_5$ , град/с	$\omega_6$ , град/с	$U_{16}$
Аналитический расчет	180	368,3720933	368,3720933	109,3604652	89,47674421	-2,011695906
NX (контакт)	180	367,1625277	367,1625277	108,9160701	89,05251734	-2,021279189
Solid (контакт)	180	368,4002673	368,4002673	109,3363918	89,2225981	-2,017426123
NX (редуктор)	180	368,372298	368,372298	109,360485	89,4767807	-2,011695085
Solid (редуктор)	180	368,372166	368,372166	109,360446	89,4767488	-2,011695803

Табл. 2. Средние расхождения результатов моделирования механизма

В процентах

Вид расчета	Аналитический расчет	Модель Siemens NX (контакт)	Модель SolidWorks (контакт)	Модель Siemens NX (редуктор)	Модель SolidWorks (редуктор)
Аналитический расчет	–	$4,0271 \cdot 10^{-1}$	$1,2124 \cdot 10^{-1}$	$4,2167 \cdot 10^{-5}$	$1,3455 \cdot 10^{-5}$
Модель Siemens NX (контакт)	$4,0271 \cdot 10^{-1}$	–	$2,8835 \cdot 10^{-1}$	$4,0352 \cdot 10^{-1}$	$4,0348 \cdot 10^{-1}$
Модель SolidWorks (контакт)	$1,2124 \cdot 10^{-1}$	$2,8835 \cdot 10^{-1}$	–	$1,2124 \cdot 10^{-1}$	$1,2123 \cdot 10^{-1}$
Модель Siemens NX (редуктор)	$4,2167 \cdot 10^{-5}$	$4,0352 \cdot 10^{-1}$	$1,2124 \cdot 10^{-1}$	–	$3,5734 \cdot 10^{-5}$
Модель SolidWorks (редуктор)	$1,3455 \cdot 10^{-5}$	$4,0348 \cdot 10^{-1}$	$1,2123 \cdot 10^{-1}$	$3,5734 \cdot 10^{-5}$	–

Минимальное расхождение с аналитическим методом имеет модель, построенная при помощи SolidWorks и сопряжения «редуктор» ( $1,3455 \cdot 10^{-5}$  %).

Максимальное расхождение с аналитическим методом имеет модель, построенная при помощи Siemens NX и имитации контакта ( $4,0271 \cdot 10^{-1}$  %).

Расхождения между моделями Siemes NX и SolidWorks в одинаковых симуляциях отличаются незначительно, но более близким к аналитическому исследованию является симуляция при помощи SolidWorks Motion. Однако следует отметить, что исследование в Siemes NX проводилось при базовых настройках системы.

Все отклонения не превышают 0,5 %, что свидетельствует о правильности выполнения анализа и точности построения модели.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Детали машин: учебное пособие / М. Е. Лустенков. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – 258 с.: ил.
2. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П. С. Гончаров [и др.]. – Москва: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.: ил.