

РАСЧЁТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР АРМ WINMACHINE

Пархоменко В.Г., Голдобин В.А., Селивёрстов В.В.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Цель данной работы: произвести кинематический расчёт планетарного механизма в среде САПР АРМ WinMachine на примере привода подачи очистного комбайна КДК-400, в котором все зубчатые передачи редуктора цилиндрические, прямозубые. Одной из особенностей редуктора является использование двух последовательно установленных планетарных передач, что позволяет при малых габаритах получить большие передаточного отношения. На рисунках 1 и 2 представлены схема и внешний вид редуктора.

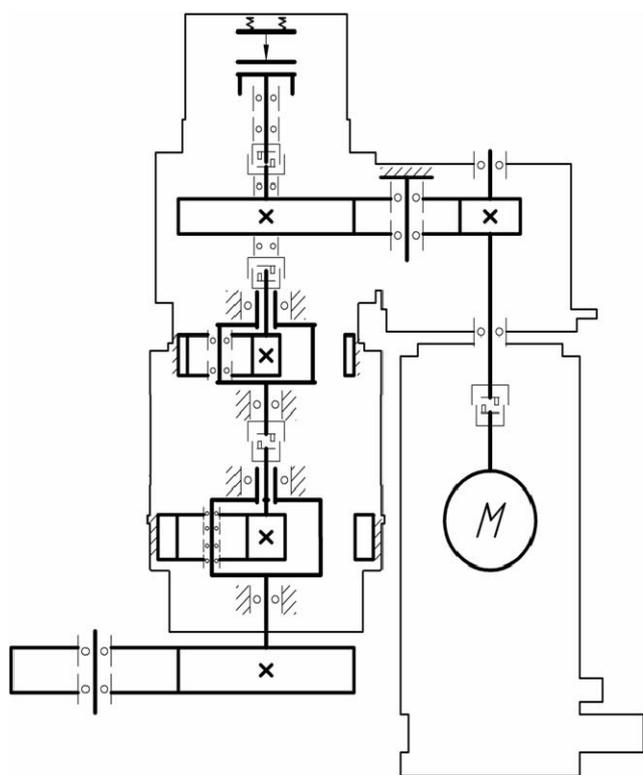


Рис. 1. Кинематика редуктора привода подачи

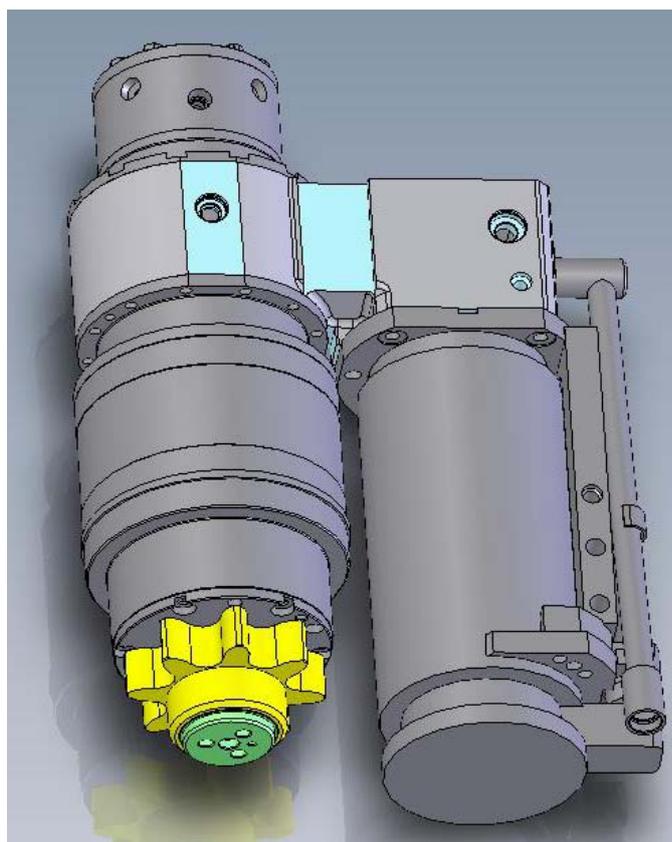


Рис. 2. Редуктор привода подачи

Исходными данными для расчёта в программе являются: тип редуктора – прямозубый, цилиндрический; из таблицы технических характеристик

комбайна получаем частоту вращения исполнительного органа: 60,8 об/мин, частота вращения выходного вала – 9,844 об/мин.

Одним из наиболее важных исходных параметров является ресурс работы - 15000 часов.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные редуктора подачи комбайна КДК-400

Показатель	Редуктор системы подачи
Ресурс, ч	15000
Количество цилиндрических передач	3
Количество планетарных передач	2
Числа зубьев	$z_3 = 21; z_4 = 35; z_5 = 60; z_8 = 12; z_9 = 26;$ $z_{10} = 63; z_{12} = 11; z_{13} = 19; z_{14} = 49; z_{15} = 8;$ $z_{16} = 10;$
Модуль	Колеса 3,4,5 – $m=5,0$ Колеса 8,9,10 – $m=4,0$ – (планетарный механизм 1;) Колеса 12,13,14 – $m=6,0$ – (планетарный механизм 2;) Колеса 15,16 – $m=12$
Частота вращения входного вала, мин ⁻¹	958
Мощность двигателя, кВт	30

Две последовательно соединённых планетарных передачи позволяют обеспечить необходимое передаточное отношение (это очень важно при ограниченных габаритах очистного комбайна, работающего в условиях шахты).

Определяем передаточные отношения ступеней:

$$\text{первая ступень: } i_{34} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{35}{21} = 1.67; \quad \text{вторая ступень: } i_{45} = \frac{z_5}{z_4} = \frac{60}{35} = 1.71;$$

$$\text{третья планетарная ступень: } i_{nл1} = \frac{z_{10}}{z_8} + 1 = \frac{63}{12} + 1 = 6.25;$$

$$\text{четвертая планетарная ступень: } i_{nл2} = \frac{z_{14}}{z_{12}} + 1 = \frac{49}{11} + 1 = 5.45;$$

$$\text{пятая ступень: } i_{1516} = \frac{z_{16}}{z_{15}} = \frac{33}{19} = 1.25.$$

Общее передаточное отношение, определяемое в соответствии с теоремой об общем передаточном отношении при последовательном соединении передач:

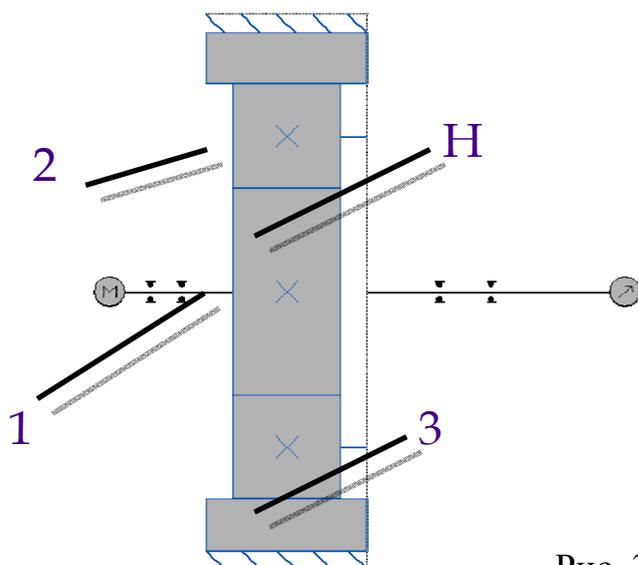
$$i_{\text{прив}} = i_{34} \cdot i_{45} \cdot i_{\text{пл1}} \cdot i_{\text{пл2}} \cdot i_{1516} = 2.857 \cdot 6.25 \cdot 5.45 \cdot 1.25 = 121.6457$$

Частота вращения на каждом валу будет:

$$\begin{aligned} n_I = n_{\text{д}} &= 958 \text{ об/мин}; & n_{II} &= \frac{n_I}{i_1} = \frac{958}{1,66667} = 574,8 \text{ об/мин}; \\ n_{III} &= \frac{n_{II}}{i_{45}} = \frac{574,8}{1,71} = 335,3 \text{ об/мин}; & n_{IV} &= \frac{n_{III}}{i_{\text{пл1}}} = \frac{335,3}{6,25} = 53,648 \text{ об/мин}; \\ n_V &= \frac{n_{IV}}{i_{\text{пл2}}} = \frac{53,648}{5,45} = 9,844 \text{ об/мин}; & n_{\text{вых}} &= \frac{n_V}{i_{1516}} = \frac{9,844}{1,25} = 7,875 \text{ об/мин}. \end{aligned}$$

В данном случае из всех возможностей модуля *APM Drive* была использована только его возможность рассчитывать планетарные передачи, чтобы в дальнейшем получить параметры материала и величины сил, действующих в зацеплениях, необходимые для прочностного расчёта деталей и узлов редуктора. Были введены следующие исходные данные: числа зубьев колеса и шестерни, межосевое расстояние, момент на выходе, способ термообработки, ресурс работы передачи, обороты на выходе, модуль и т.д. Остальные параметры были определены автоматически после запуска программы расчёта. Основное достоинство этой программы: изменяя некоторые исходные данные, можно получить множество решений и выбрать оптимальный вариант.

На рис.3 приведена схема планетарного однорядного механизма (редуктора Джеймса).



- Позиции:
1. Центральное колесо;
 2. Сателлит;
 3. Солнечное колесо;
- Н. Водило.

Рис. 3. Схема планетарного механизма

Данные для расчёта планетарного механизма (однорядного редуктора – так называемого редуктора Джеймса) были получены из зависимостей, связывающих параметры реального механизма и обращённого (по методу Виллиса), которые приведены ниже:

$$i_{1-H}^{(3)} = 1 - i_{1-3}^{(H)} = 1 + \frac{z_3}{z_1};$$

$$\omega_H = \frac{\omega_1}{i_{1-H}};$$

$$i_{1-2}^{(H)} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H} = \frac{z_2}{z_1};$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 - \omega_H}{i_{1-2}^{(H)}} + \omega_H; \Rightarrow n_2 = \frac{\omega_2 \cdot 30}{\pi};$$

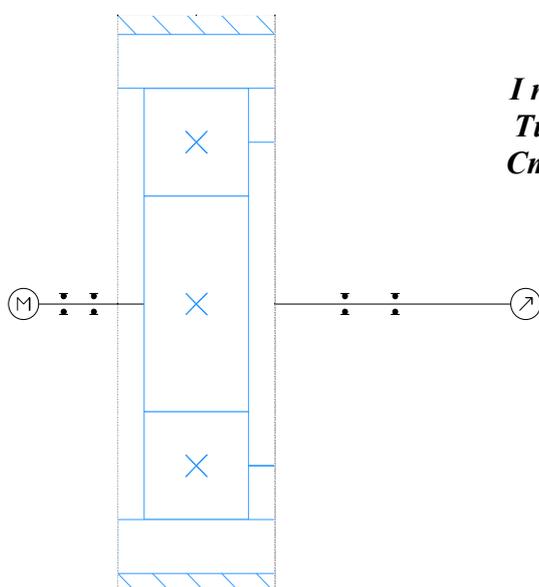
$$i_{2-3}^{(H)} = \frac{\omega_2 - \omega_H}{0 - \omega_H} = \frac{z_3}{z_2};$$

По выведенным формулам рассчитываем угловые скорости звеньев обоих планетарных редукторов и сравниваем полученные значения с приведёнными в таблицах программы *APM Drive* (см. выделенные жирным строки).

Исходные данные привода

Частота вращения на выходе, об/мин	53.65
Момент на выходе, Н*м	4419
Передаточное отношение цепи	6.25
Долговечность, ч	15000

Результаты расчета передач приведены в таблицах программы, образец одной из которых приведён ниже:



I планетарная передача:
Тип расчета:
Стандарт расчета

Прямозубая
Проектировочный
ГОСТ

Основные данные центрального колеса и сателлитов

<i>Рабочий режим передачи</i>	<i>Тяжелый</i>
<i>Термообработка колес</i>	
<i>Шестерня</i>	<i>Цементация</i>
<i>Колесо</i>	<i>Цементация</i>
<i>Расположение шестерни на валу</i>	<i>Несимметричное</i>
<i>Нереверсивная передача</i>	
<i>Момент вращения на ведомом валу, Нм</i>	<i>645.00</i>
<i>Частота вращения ведомого вала, об./мин.</i>	<i>183.641</i>
<i>Передаточное число</i>	<i>2.167</i>
<i>Ресурс, час</i>	<i>15000.00</i>
<i>Число зацеплений</i>	
<i>Шестерня</i>	<i>3</i>
<i>Колесо</i>	<i>2</i>

Аналогичные таблицы получаем для зацеплений сателлитов с солнечным колесом.

ВЫВОДЫ: 1. Представлена методика расчёта кинематических параметров планетарных механизмов редуктора привода комбайна КДК 400 с использованием модуля АРМ Trans и проверочного расчёта с использованием метода Виллиса. 2. При выполнении раздела курсового проектирования по теории механизмов и машин может быть использован модуль САПР АРМ WinMachine в качестве проверочного расчёта.

Список литературы: 1. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. М. Изд-во АПМ., 2005.-472с. 2. Шелофаст В.В., Чугунова Т.Б. Основы проектирования машин. Примеры решения задач.М. Изд-во АПМ., 2004.-240 с. 3. Я.Т. Кіницький. Короткий курс теорії механізмів і машин. Підручник – Львів: Афіша, 2004. – 272 с.