

**Ибатуллин Марат Талгатович**

магистрант

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

г. Томск, Томская область

**Ефременков Егор Алексеевич**

канд. техн. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

доцент

ФГБОУ ВО «Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники»

г. Томск, Томская область

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПЛАНЕТАРНОГО ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПЕРЕМЕШИВАТЕЛЯ**

***Аннотация:** в статье выполнен анализ конструкций планетарных перемешивателей, выбрана и усовершенствована схема для разработки перемешивателя, рассчитаны угловые скорости и геометрические параметры зубчатых колес, предложен способ герметизации полостей планетарной передачи, возникающих при монтаже перемешивающих лопаток на сателлитах.*

***Ключевые слова:** конструирование, промышленное перемешивание, перемешиватель, планетарный механизм, неподвижное солнечное колесо, герметичная полость.*

В современной технике часто возникает необходимость в задании планетарного движения рабочих органов, это могут быть элементы робота, лопатки перемешивателей, скребки очистных машин и т. д. Такое движение рабочих органов чаще всего встречается в смесителях различного типа. Особенно это актуально для механизмов перемешивания сухих смесей, которые получили широкое распространение в различных областях техники и технологии. Специфика сферы

применения определяет конструкцию смесителя и его технические характеристики.

Современные смесители дороги и изготавливаются преимущественно за границей, что накладывает ограничения по срокам поставки и обслуживанию. Поэтому по заданию одного из томских предприятий было решено разработать смеситель, перемешивающие лопатки которого должны совершать планетарное движение (рис. 1).

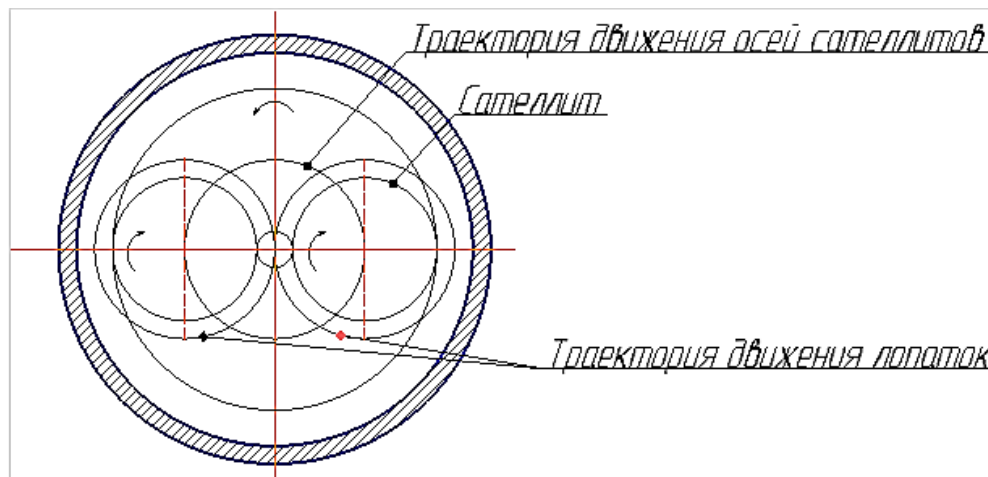


Рис. 1. Траектория перемешивающих лопаток

Проведя анализ имеющихся на рынке планетарных смесителей, выявлено, что планетарное движение в смесителях можно обеспечить несколькими способами:

- оснащение перемешивающих лопаток отдельными приводами, которые в свою очередь закреплены на вращающемся диске [3];
- за счет вращения емкости и вращающихся вокруг своей оси лопаток [4];
- за счет применения в приводе перемешивающих лопаток планетарного механизма [1].

Было решено разрабатывать привод на основе планетарной передачи, к сателлитам которой крепятся смесительные лопатки. Такая конструкция позволит лопаткам охватывать весь объем, благодаря чему перемешивание материала будет равномерным и полным. Существует множество схем планетарных механиз-

мов [2]. Для данного, перемешивателя будем использовать схему 2К-Н. Механизм по схеме 2К-Н (рис. 2 а) состоит из: корончатого и центрального колес, водила и сателлита.

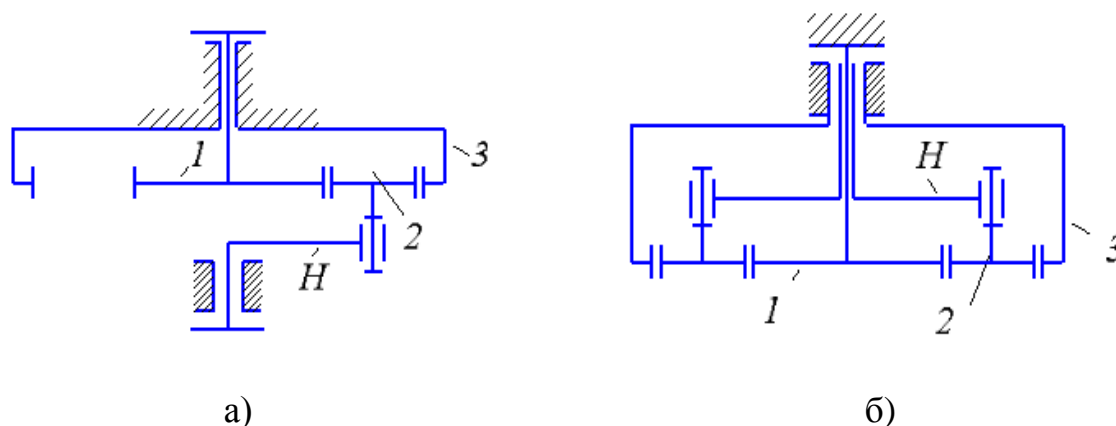


Рис. 2. Кинематическая схема планетарного механизма 2К-Н:

1-центральное колесо; 2 – сателлит; 3 – корончатое колесо; Н – водило

В нашем случае рабочим звеном решено сделать сателлит 3, тогда механизм будет работать следующим образом: входным звеном будет корончатое колесо, которое будет вращать сателлиты. Водило, вращается свободно, получая движение от установленных на нем сателлитов. На сателлите крепятся рычаги перемешивающих лопаток. Солнечное колесо 1 в этом случае неподвижно, сателлиты обкатываются по нему (рис. 2 б).

Планетарный механизм будет получать вращение от электродвигателя мощностью 37кВт, вращающим моментом 360,7 Нм и числом оборотов 980 об/мин, через привод с промежуточными телами качения, с передаточным числом  $U = 47,69$ . Тогда задавшись передаточным числом для планетарной передачи  $U = 1,11$ , рассчитаем угловые скорости Виллиса от колеса  $j$  к  $k$ , используя формулу:

$$U^{(H)}_{jk} = \omega^{(H)}_j / \omega^{(H)}_k$$

После расчета получим следующие значения угловых скоростей звеньев планетарного механизма:  $\omega_1=0\text{с}^{-1}$ ;  $\omega_2=4,84\text{с}^{-1}$ ;  $\omega_3=2,151\text{с}^{-1}$   $\omega_H=2,39\text{с}^{-1}$ .

Опираясь на полученные данные, по методике, изложенной в [2] и используя библиотеку Shafts «Аскон Компас» рассчитаем основные геометрические параметры передачи. Расчетные данные для удобства восприятия сведем в таблицу 1.

Таблица 1

Расчетные параметры планетарной передачи

| Наименование<br>и обозначение параметра |                 | Солнечная<br>шестерня | Сателлит | Эпицикл |
|---|-----------------|-----------------------|----------|---------|
| Число зубьев                            | $z_1, z_2, z_3$ | 20                    | 80       | 180     |
| Модуль                                  | $m$             | 5                     |          |         |
| Ширина зубчатого венца,<br>мм           | $b$             | 93                    | 88       | 93      |
| Передаточное число                      | $U$             | 4                     |          | 2,25    |
| Межосевое расстояние, мм                | $a$             | 250                   |          | 250     |
| Делительный диаметр, мм                 | $d$             | 100                   | 400      | 900     |
| Диаметр вершин зубьев, мм               | $d_a$           | 110                   | 409,989  | 892,5   |
| Диаметр впадин зубьев, мм               | $d_f$           | 87,5                  | 387,5    | 912,489 |
| Начальный диаметр, мм                   | $d_w$           | 100                   | 400      | 900     |
| Основной диаметр, мм                    | $d_b$           | 93,969                | 375,877  | 845,723 |
| Угол зацепления                         | $\alpha_{rw}$   | 20                    |          | 20      |

С использованием этих данных проектируем привод планетарного движения лопаток.

При работе лопаток, закрепленных на сателлитах, необходимо обеспечить свободное пространство между лопатками. Через это пространство при работе редуктора возможны утечка масла в рабочую область перемешивателя, с одной стороны, и попадание частиц смеси в редуктор, с другой стороны. Все это может негативно повлиять на работоспособность механизма и качество смеси. Эту проблему было решено конструктивно устранить при помощи блокирующих дисков (рис. 3). В этом случае в корпусе 1 выполняются кольцевые бурты, на которые укладываются диски 3 – для защиты от утечки масла. Диски 4 закрывают полость снизу и предназначен для защиты редуктора от попадания частиц смеси. Диски 3 и 4 крепятся на рычагах перемешивающих лопаток. Места сопряжений дисков 3 и 4 с буртом и корпусом герметизируются при помощи резиновых колец, которые устанавливаются, в кольцевые канавки.

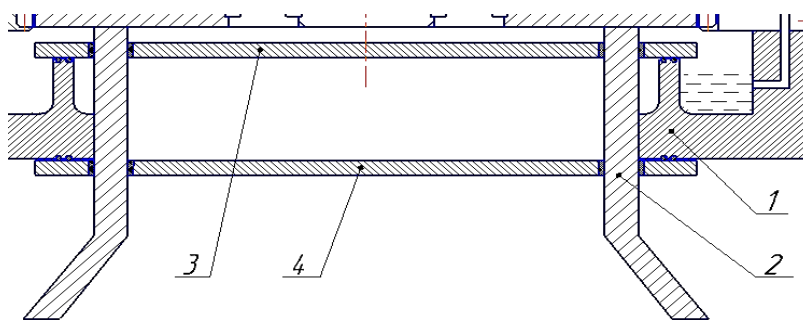


Рис. 3. Герметизация редуктора: 1 – бурт; 2 – рычаг; 3, 4 – защитные диски

По выполненным расчетам с учетом принятых решений был выполнен компоновочный чертеж механизма планетарного движения лопаток (рис. 4). Принято решение выполнить механизм закрытым, вращающимся в корпусе редуктора в подшипниках 1 (рис. 4). Корончатое колесо 2, вращается вокруг неподвижного вала 3. Сателлиты 5, получая вращение от корончатого колеса обкатываются по жестко закрепленному солнечному колесу 4. Система герметизируется крышкой 6. Смазка подается насосом 7 из ванны, организованной в крышке 6.

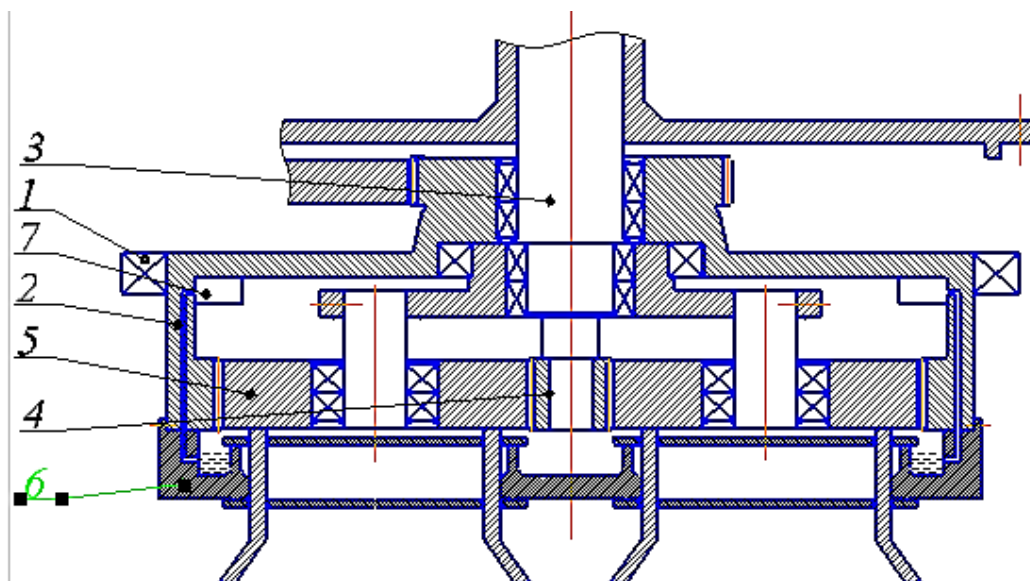


Рис. 4. Конструктивная проработка: 1 – подшипник; 2 – корончатое колесо; 3 – вал; 4 – неподвижная шестерня; 5 – сателлит; 6 – крышка; 7 – насос

Таким образом, проведенный анализ планетарных механизмов, используемых в приводах планетарного движения перемешивающих лопаток, позволил определить кинематическую схему 2К-Н, на базе которой построен компо-

вочный чертеж механизма для перемешивателя сыпучих смесей. Также предложен способ герметизации полостей планетарного механизма при монтаже перемешивающих лопаток на сателлитах.

### ***Список литературы***

1. Бетоносмеситель планетарно-роторный СБ – 242 – 8М1500л/1000л // betonmash.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://betonmash.com/otherproduct/betonosmesitel-planetarno-rotorny-sb-242-8m.html> (дата обращения: 20.04.2017).
2. Планетарные передачи. Справочник / В.Н. Кудрявцев, Ю.Н. Кирдяшев, Е.Г. Гинзбург [и др.]; под ред. В.Н. Кудрявцева. – Л.: Машиностроение, 1977. – 536 с.
3. Планетарный смеситель принудительного действия серии SM // docslide.nl [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docslide.nl/documents/schlosser-pfeiffer-mischer-russisch.html> (дата обращения: 20.04.2017).
4. Универсальный планетарный смеситель Компас 1370 G супермикс // supermix.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.supermix.ru/products/index.php?SECTION\\_ID=343&ELEMENT\\_ID=2262](http://www.supermix.ru/products/index.php?SECTION_ID=343&ELEMENT_ID=2262) (дата обращения: 20.04.2017).