

DOI: 10.34031/article\_5ca1f63662e207.78327984

<sup>1,\*</sup>Юдин К.А., <sup>2</sup>Харин Н.П.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

<sup>2</sup>ОАО “Завод ЖБК-1”

Россия, 308013, Белгород, ул. Коммунальная, д. 5

\*E-mail: ydin.ka@bstu.ru

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ СМЕСИТЕЛЯ С ДВУНАПРАВЛЕННЫМ ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА МАТЕРИАЛ

**Аннотация.** Рассматриваются смесители периодического действия. Представлена целесообразность разработки смесителей нового типа. Выполнен литературный обзор отечественных и зарубежных авторов по данной тематике. Представлены авторская кинематическая схема смесителя, описывающие воздействие на перемешиваемый в смесительной камере материал относительно двух взаимно перпендикулярных горизонтальных осей. Особенности движения материала в смесителе позволяют говорить о наличии элементов гироскопического эффекта. Вращение смесительной камеры осуществляется посредством ременной, цепной и конической передачи. Возникающее сложное пространственное движение частиц материала можно регулировать частотным преобразователем и подбором соответствующих зубчатых колес. Представлен алгоритм моделирования конической передачи для смесителя с двунаправленным вращательным воздействием на материал. Коническая зубчатая передача установлена на водиле. Проведены предварительные экспериментальные исследования. Представлена трехмерная модель конической зубчатой передачи. Показана корректировка установочных размеров для нее. Трехмерная модель конической зубчатой передачи, реализованная с помощью программного продукта NX дополнена таблицей для ее расчета и начальной модель-заготовкой. Показана практическая реализации конической зубчатой передачи в металле. Сделаны выводы по моделированию.

**Ключевые слова:** смеситель периодического действия, вращение камеры относительно двух взаимно перпендикулярных осей, автоматизация проектирования, коническая зубчатая передача.

**Введение.** Экономическая ситуация вынуждает реализовывать инновационные подходы в вопросах переработки различных материалов. Эффективное перемешивание различных материалов является проблемным направлением, требующим значительных ресурсов.

Интересным инновационным проектом является реализация двунаправленного вращательного воздействия на материал в смесителе периодического действия.

Предлагаемая патентно-чистая конструкция смесителя претерпела изменения, однако важнейшие элементы остались прежними. Двунаправленное вращательное воздействие на смешиваемый материал в смесителе со сферической смесительной камерой реализуется вращением водила с камерой относительно горизонтальной оси и собственно камеры относительно второй оси, перпендикулярной первой [1]. Для этого применяем закрепленную на водиле ортогональную коническую передачу с прямыми зубьями и цепную передачу с натяжителями цепи.

Движение частиц перемешиваемого материала происходит по траекториям свободного падения, а благодаря установленной конической передаче суперпозиция сил внутри смесительной

камеры сферической формы способствует перемещению частиц материала по сложной траектории. С одной стороны, центробежные силы обусловлены вращением водила с закрепленной на нём сферической смесительной камерой относительно горизонтальной оси. С другой стороны, центробежные силы обусловлены вращением собственно смесительной камеры относительно второй оси, перпендикулярной первой. Эта траектория может меняться при варьировании частоты вращения смесительной камеры как с помощью частотного преобразователя, так и подбором элементов ременной, цепной и конической передач.

Представим кинематическую схему предлагаемого устройства, реализующего двунаправленное вращательное воздействие на материал (рис.1).

Рассмотрим продолжение тематики использования смесителя периодического действия нового типа, описанного ранее [2, 3]. Возникающее двунаправленное вращательное воздействие на материал предполагает рассмотрение задач взаимодействий частиц материала как между собой, так и со стенками смесительной камеры. Матема-

тический аппарат этих взаимодействий был описан ранее [2, 3]. Одним из ответственных узлов предлагаемого смесителя является коническая передача, что предполагает внесений изменений в исходные данные и приводит к корректировке проектирования конической передачи и смесителя в целом. Для прямозубой конической передачи профили зубьев конического колеса, построенные на развертке среднего дополнительного конуса близки к профилям зубьев эквивалентного цилиндрического прямозубого колеса. Выбор параметров и расчет геометрии конических колес включает порядка 50 формул и начинается с выбора формы зубьев [4], поэтому целесообразно применять автоматизированное проектирование.

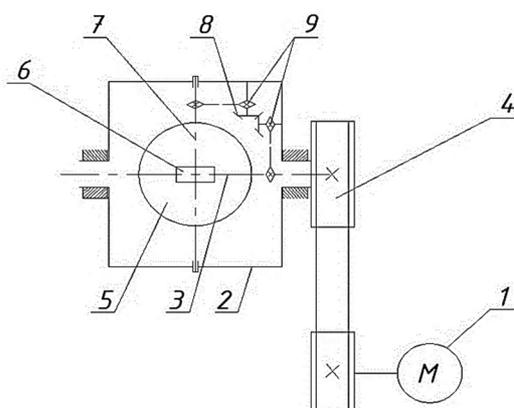


Рис. 1. Кинематическая схема устройства для перемешивания материалов с вращением камеры относительно двух взаимно перпендикулярных осей:

- 1 – привод; 2 – вращающееся водило;
- 3 – горизонтальная ось; 4 – ременная передача;
- 5 – смесительная камера; 6 – загрузочный люк;
- 7 – вторая ось; 8 – коническая зубчатая передача;
- 9 – цепная передача

Для этого используются современные программные продукты, одним из которых является NX.

Реализация цифровой модели предлагаемого устройства – смесителя периодического действия позволит проанализировать его конструктивные особенности и минимизировать ошибки этапов моделирования.

Программа NX характеризуется большими функциональными возможностями, высокой производительностью и стабильностью работы. Программа NX поддерживает разработку и изготовление изделия на всех этапах жизненного цикла — от создания трехмерных моделей деталей, сборок и чертежей до формирования программы для изготовления детали на станке с ЧПУ и проектирования цехов и различных технологических циклов. Эти особенности, а также широ-

кий функционал NX позволили создать трёхмерную модель смесителя на основе исходных данных.

Необходима тщательная конструкторская проработка сборочных единиц и деталей машины для их эффективного применения.

Проектирование смесителя в системе NX осуществлялось методом “снизу-вверх”, что предполагает в начале получение электронно-цифровых моделей всех составных деталей и узлов, а затем в модуле NX «Сборки» их сопряжение относительно друг друга.

Одной из важных задач моделирования предлагаемого смесителя, решаемых с помощью NX, является корректировка присоединительных размеров компонентов на основе новых технических решений, которые неизменно возникают на этапах работы.

Важной сборочной единицей при построении модели смесителя является коническая зубчатая передача, поэтому возникла необходимость корректировки размеров ее крепления. При этом следует учесть профиль конических зубчатых колес и особенности расчета в связи с внесёнными изменениями. Созданная цифровая модель конической зубчатой передачи смесителя представлена на рис.2.

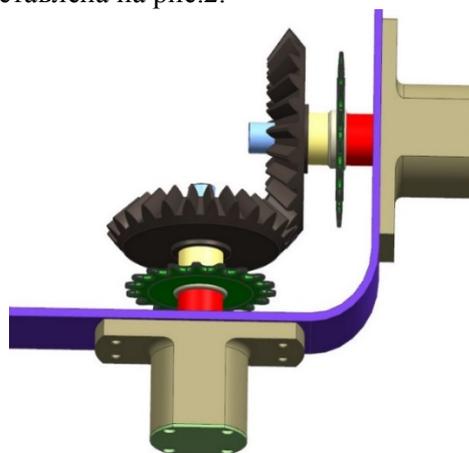


Рис. 2. Цифровая модель конической зубчатой передачи смесителя

В нашем случае, при позиционировании конической зубчатой пары было определено несоответствие размеров крепления их узлов к вращаемому водилу. В результате чего полученная конструкция смесителя работала бы менее эффективно из-за повышенного износа в месте контакта шестерен. Был произведен повторный расчёт расстояния от вершины колеса до плоскости внешней окружности вершин зубьев, на основе которого скорректированы значения позиций мест крепления узлов (рис. 3, рис.4). Это расстояние в программе задано положением центрального и периферийных отверстий (прошедшая корректировка: с 273,8 мм на 266,8 мм).

Получение цифровой модели конического зубчатого колеса происходило при применении заготовки и реализации эвольвенты для "нарезки" зубьев колеса, что отражается на рис. 5. Готовый элемент получается при объединении двух эвольвент и создания профиля впадины, что

соответствует реальному представлению об изготовлении зубчатых колёс. При этом конечный вариант модели создается применением массива необходимого количества на "вырезанный" элемент впадины.

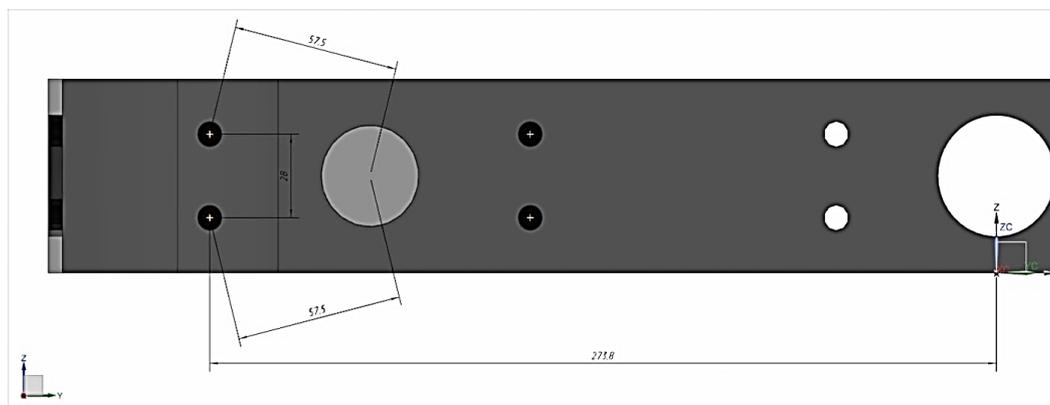


Рис. 3. Найденные несоответствия размеров

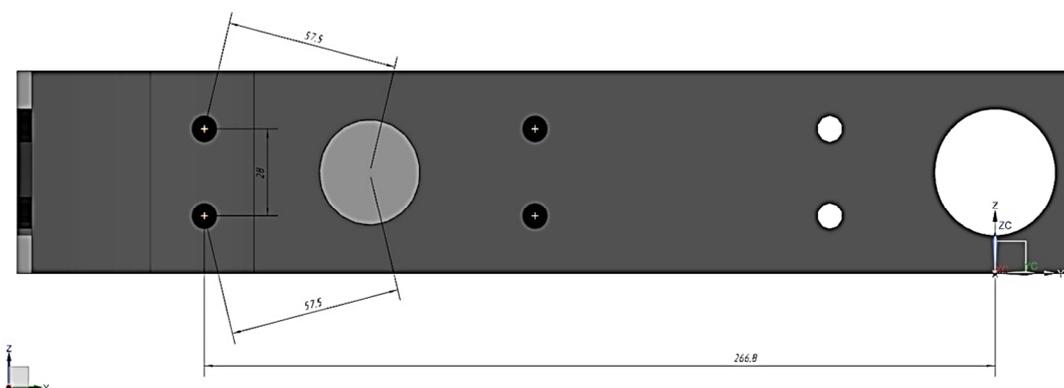


Рис. 4. Исправленный вариант

Такая корректировочная работа над моделью приводит к минимизации ошибок, а также позволяет получить максимально эффективный вариант готовой модели. При прохождении всех этапов проектирования было решено несколько подобных задач.

Необходимым условием построения эвольвенты для конического зубчатого колеса было изменение его диаметра со 122 мм до 120 мм, что можно увидеть в предлагаемой таблице на рис. 6. Эвольвента, построенная с помощью сплайнов заданных по закону, автоматически приходит к нужному виду благодаря зависимостям между переменными в таблице. Получаемая величина соответствует характеристикам в соответствии с ГОСТом.

Создаваемую электронно-цифровую модель смесителя в дальнейшем можно использовать

для расчёта на прочность, динамический и кинематический анализ, а также для рекомендаций по практической реализации смесителя.

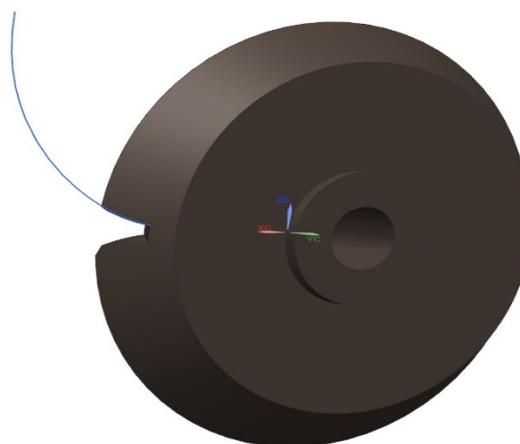


Рис. 5. Модель конического колеса с эвольвентой

Имя	Формула	Значение	Един...	Тип	Акту...	Коммента...	Пр...
<b>Группа по умолчанию</b>							
d	$m \cdot z$	120		Число	✓		
fi	90	90		Число	✓		
m	5	5		Число	✓		
r	$d/2$	60		Число	✓		
t (Слайн заданный по закон...	0	0		Число	✓		
TET	$fi \cdot t$	0		Число	✓		
xt (Слайн заданный по зако...	$r \cdot (\cos(TET) + ra...$	60		Число	✓		
yt (Слайн заданный по зако...	0	0		Число	✓		
z	24	24		Число	✓		
zt (Слайн заданный по зако...	$r \cdot (\sin(TET) - rad(...$	0		Число	✓		

Рис. 6. Таблица значений переменных для построения эвольвенты конического колеса



Рис. 7. Практическая реализация описываемой конической зубчатой передачи

Таким образом, отслеживается весь жизненный цикл для конической зубчатой передачи, начиная с предпроектных исследований, разработки проектной документации, создания цифро-

вой модели, корректировки размеров и взаимного расположения компонентов передачи, реализации передачи в металле и дальнейшей эксплуатации предлагаемого смесителя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юдин К.А., Семикопенко И.А., Фадин Ю.М. Устройство для перемешивания материалов. Патент на полезную модель №174442 РФ МПК7B01 F9/02, Бюл. №29, 4 с.
2. Юдин К.А., Дегтярь А.Н., Харин Н.П. Моделирование двунаправленного вращательного воздействия на материал в сферической смесительной камере // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 126–132.
3. Юдин К.А., Дегтярь А.Н., Стовпенко А.С. Двунаправленное вращательное воздействие на материал в сферической смесительной камере // Известия Вузов. Строительство. 2016. №7. С.99–106.
4. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: Учебное пособие для техн.вузов. Х.: Основа, 1991. С. 60–82.

#### Информация об авторах

**Юдин Константин Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46. E-mail: kyudin@mail.ru.

**Харин Никита Петрович**, инженер-конструктор 2 категории ОАО “Завод ЖБК-1”. Россия, 308013, Белгород, ул. Коммунальная, д. 5. E-mail: bigpandanick@yandex.ru.

Поступила в декабре 2018 г.

© Юдин К.А., Харин Н.П., 2019

<sup>1,\*</sup>Yudin K. A., <sup>2</sup>Kharin N.P.

<sup>1</sup>Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46  
<sup>2</sup>OJSC "Plant Reinforced Concrete Structures-1"  
Russia, 308013, Belgorod, st. Kommunalnaya, 5  
\*E-mail: ydin.ka@bstu.ru

## THE MODELING OF A BEVEL GEAR FOR MIXER WITH BI-DIRECTIONAL ROTATIONAL IMPACT ON THE MATERIAL

**Abstract.** A batch mixer is considered. The feasibility of developing a new type of mixers is presented. A literary review of domestic and foreign authors on this subject is made. The author's kinematic scheme of the mixer is presented. It describes the effect on the material mixed in the mixing chamber with respect to two mutually perpendicular horizontal axes. Movement features of material in the mixer suggest the presence of elements of the gyroscopic effect. Rotation of the mixing chamber is carried out by means of belt, chain and conical transmission. The resulting complex spatial motion of the material particles can be controlled by a frequency converter and the selection of appropriate gears. An algorithm for modeling the conical transmission for a mixer with a bi-directional rotational effect on the material is presented. Bevel gear is set on the carrier. Preliminary experimental studies have been conducted. A three-dimensional model of the bevel gear is presented. Adjustment of the installation dimensions is shown. A three-dimensional model of a bevel gear transmission, using the NX software product, is supplemented with a table for its calculation and an initial stocking model. The practical implementation of bevel gears in metal is shown. conclusions on modeling are made.

**Keywords:** batch mixer, rotation of the chamber with respect to two mutually perpendicular axes, design automation, bevel gear.

### REFERENCES

1. Yudin K.A., Semikopenko I.A, Fadin Y. M. A device for mixing materials, applicant and patentee. Patent on useful model no. 174442 13.10.17.
2. Yudin K.A., Degtyar A.N., Kharin N.P. Modelling of bi-directional rotary impact on the material in a spherical mixing chamber. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 5, pp. 126–132.
3. Yudin K.A., Degtyar A.N., Stovpenko A.S. Bi-directional rotational impact on the material in a spherical mixing chamber. News of higher educational institutions. Construction, 2016, no. 7, pp. 99–106.
4. Kirkach N.F., Balasarian R.A. Calculation and design of machine parts. K.: Foundation, 1991. pp. 60–82.

### Information about the authors

**Yudin, Konstantin A.** PhD, Assistant professor. Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46. E-mail: kyudin@mail.ru

**Kharin, Nikita P.** Design Engineer 2 categories of OJSC "Plant Reinforced Concrete Structures-1". Russia, 308013, Belgorod, st. Kommunalnaya, 5. E-mail: bigpandanick@yandex.ru

Received in Desember 2018

### Для цитирования:

Юдин К.А., Харин Н.П. Особенности моделирования конической передачи для смесителя с двунаправленным вращательным воздействием на материал // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 3. С. 149–154. DOI: 10.34031/article\_5ca1f63662e207.78327984

### For citation:

Yudin K.A., Kharin N.P. The modeling of a bevel gear for mixer with bi-directional rotational impact on the material. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 3, pp. 149–154. DOI: 10.34031/article\_5ca1f63662e207.78327984