

## РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ СМЕСИТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*Демченко М.В., Мазидуллин Д.Н., Трезубов П.П.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа*

**Ключевые слова:** червячная передача, реверс-инжиниринг, 3D-оцифровка, 3D-сканер, 3D-инспекция, модуль зацепления, межосевое расстояние.

**Аннотация.** В статье рассматривается методика измерения параметров червячной передачи с применением инструментов и макросов программного обеспечения для инспекции. Результаты исследования позволяют повысить точность измерения параметров передачи для ее последующего расчета, а именно межосевого расстояния, осевого шага, профиля зубьев, которые влияют на модуль зацепления.

## REVERSE ENGINEERING OF THE WORM GEAR OF THE MIXING APPARATUS

*Demchenko M.V., Mazidullin D.N., Tregubov P.P.*

*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa*

**Keywords:** worm gear, reverse engineering, 3D-digitization, 3D-scanner, 3D-inspection, gearing module, center distance.

**Abstract.** The article discusses a technique for measuring worm gear parameters using tools and macros of inspection software. The results of the study make it possible to increase the accuracy of measuring transmission parameters for its subsequent calculation, namely the center distance, axial pitch, the tooth profile, which affect the transverse module.

В настоящее время актуальна проблема импортозамещения механических передач машин и агрегатов иностранного производства [1-3]. Объектом проектирования является червячная передача редуктора смесительного аппарата Fordath. Скорость вращения редуктора – 50-55 об/мин на вторичном валу. К первичному валу через 4 ручейковый шкив диаметром 222 мм подается вращающий момент с двигателя 18 киловатт 1500 оборотов посредством шкива диаметром 135 мм. Витки изготавливаются в соответствии с требованиями [4]. Особенностями проектирования является прецизионное измерение межосевого расстояния, перевод размеров в метрическую систему и расчет геометрии не используемых в отечественных стандартах 3-заходных профилей червяка.

Целью исследования является разработка методики измерения параметров червячной передачи с применением инструментов и макросов специализированного программного обеспечения (ПО) для инспекции. Задачами исследования были: оцифровка червячной пары и корпуса, определение основных размеров передачи, расчет и построение геометрии в метрической системе по отечественным стандартам.

Методика определения основных геометрических параметров передачи заключается в оцифровке корпуса редуктора. По цифровому скану с специализированном программном обеспечении выполняется автоопределение осей поверхностей, сопрягаемых с механической передачей, что исключает ошибки

при оценке ключевых геометрических размеров, а именно межосевого расстояния червячной пары (рис. 1).

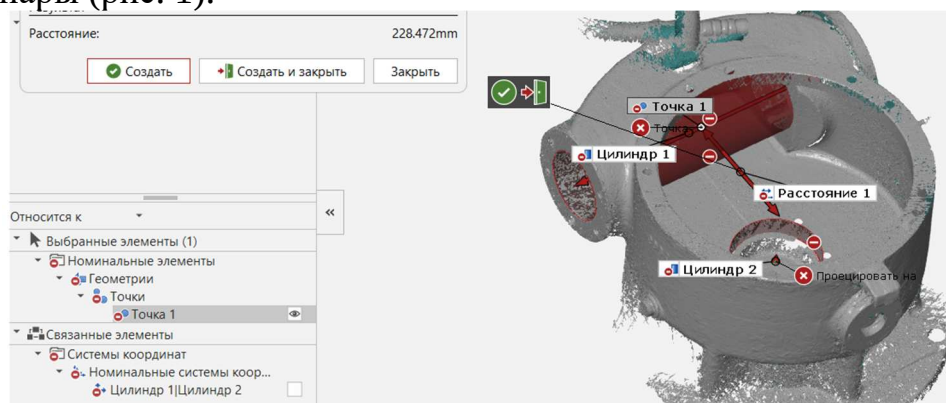


Рис. 1. Процесс вычисления ключевых геометрических размеров червячной передачи

Анализ продольного сечения твердотельной модели червяка позволил определить размеры профиля зубьев (внешний диаметр, диаметр впадин зубьев) с учетом износа для последующего расчета (рис. 2). Что также дало представление о типе инструмента, применяемого для изготовления такого профиля. Инструменты / макросы специализированного ПО также позволяют в автоматическом режиме вычислять осевой шаг, который составил 75,5 мм (рис. 3). На основании собранных данных был выполнен расчет передачи по отечественным стандартам в метрической системе. Выполнены расчеты 2-х и 4-х заходных червяков, которые были исключены. Изменение числа заходов меняет размеры передачи, что не удовлетворяет размерам корпуса, который рассчитан на геометрию трехзаходного червяка.

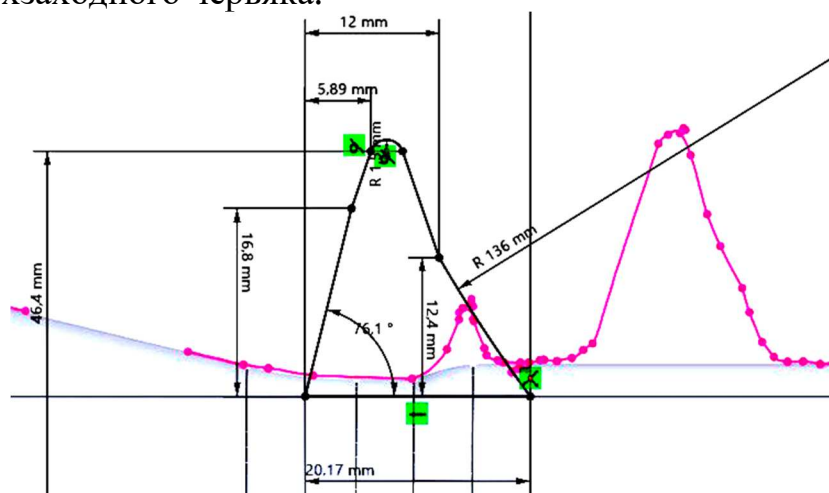


Рис. 2. Профиль зуба в осевом разрезе

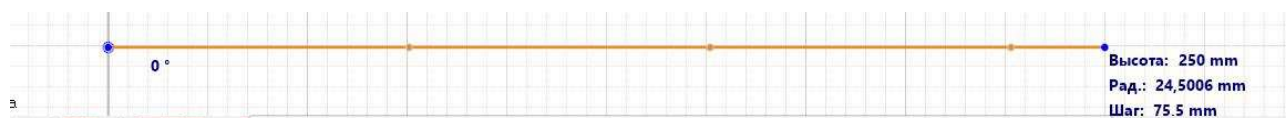


Рис. 3. Результаты автоопределения осевого шага

Также рассматривались различные типы профиля витков – Архимедов ЗА и эвольвентный ZI, удовлетворяющие рабочей нагрузке. Выполнено прототипирование участка зацепления для оценки совпадения осевого шага (рис. 4).



Рис. 4. Процесс оценки совпадения осевого шага

Предложенная методика определения основных геометрических параметров передачи с применением оцифровки и инструментов специализированного программного обеспечения автораспознавания поверхностей позволяет исключить ошибки измерения, свойственные ручному инструменту. Материалы могут быть полезны для конструкторских бюро ремонтных служб машиностроительных предприятий.

#### **Список литературы**

1. Погосян А.Ж., Трегубов П.П., Демченко М.В., Чертовских С.В., Бердин В.К. Реверсивный инжиниринг рабочего колеса центробежного насоса К20/30 // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 5. – С. 200-208.
2. Тренды и сценарии развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / Под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 204 с.
3. Петров Н.В., Нозирзода Ш.С., Петрова Е.Д. Применение технологий 3D-сканирования в реверсивном инжиниринге корпусных деталей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2023. – №1(155). – С. 34-41. – DOI: 10.26730/1999-4125-2023-1-34-41.
4. BS 721-1 Спецификация червячной передачи – Часть 1: Имперские единицы измерения. – BSI, 1963. – 48 с.

#### Сведения об авторах:

*Демченко Мария Вячеславовна* – к.т.н., доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»;

*Мазидуллин Денис Нарисович* – старший преподаватель кафедры «Механика и конструирование машин»;

*Трегубов Павел Павлович* – ассистент кафедры «Технологические машины и оборудование».