



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДА КОНВЕЙЕРА В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

**М. Ю. Родиошкин, Л. В. Масленникова,
О. А. Арюкова, Ю. Г. Родиошкина***

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

**jgrim@mail.ru*

Введение. В современных условиях перед инженерами встают задачи сокращения сроков конструкторско-технологической подготовки производства с одновременным повышением качества разрабатываемой технической документации. Данные задачи могут быть решены при использовании CAD/CAE/CALS-технологий в промышленном производстве. Проектирование изделий машиностроения связано с моделированием деталей и трехмерных сборок в графических системах автоматизированного проектирования (САПР) с последующим инженерным анализом. В статье рассматривается последовательность проектирования привода конвейера с помощью прикладных библиотек КОМПАС.

Материалы и методы. При помощи прикладных библиотек КОМПАС были проведены расчет и моделирование механических передач, входящих в состав привода конвейера. Также были выполнены проектный расчет и построение в КОМПАС-3D трехмерной модели привода.

Результаты исследования. Была предложена последовательность проектирования привода конвейера с помощью библиотек КОМПАС-3D.

Обсуждение и заключения. В результате исследования была разработана методика создания трехмерной модели привода конвейера, включающая выбор необходимых параметров для проектирования, расчет и моделирование механических передач, входящих в проектируемое изделие. Данные факторы позволят использовать возможности современных САПР при проектировании изделий соответствующего типа, что обеспечит сокращение времени на подготовку производства, а следовательно, повысит экономическую эффективность работы.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, привод конвейера, трехмерная модель, механическая передача, КОМПАС-3D

Для цитирования: Проектирование привода конвейера в системе КОМПАС-3D / М. Ю. Родиошкин [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2017. Т. 27, № 1. С. 77–92. DOI: 10.15507/0236-2910.027.201701.077-092

CONVEYOR DRIVE DESIGN IN COMPAS 3D SYSTEM

**M. Yu. Rodioshkin, L. V. Maslennikova, O. A. Aryukova,
Yu. G. Rodioshkina***

Mordovia State National Research University (Saransk, Russia)

**jgrim@mail.ru*

Introduction. Engineers often face problems associated with design and technological preparation of production and with improving the technical documentation quality. These problems can be solved using CAD/CAE/CALS-technology in industrial production. Design engineering products is related to modeling parts and assemblies in 3D CAD graphics, followed by engineering analysis. The authors demonstrate the sequence of the conveyor drive design using COMPAS application libraries.

Materials and Methods. A conveyor drive mechanical transmission was calculated and simulated using COMPAS application libraries. Design calculation and construction of COMPAS 3D model are present in the article.

Results. The authors proposed their method of the conveyor drive design using COMPAS 3D libraries.

Discussion and Conclusions. The method of a 3D conveyor drive model design with the choice of the necessary parameters for design, calculation and simulation of mechanical transmissions as a part of the projected product was developed. The proposed technique allows using the capabilities of modern CAD software for product design related things ensuring time reduction for preparation of production, and promoting economic efficiency.

Keywords: computer-aided design, the conveyor drive, 3D model, mechanical transmission, COMPAS 3D

For citation: Rodioshkin MYu, Maslennikova LV, Aryukova OA, Rodioshkina YuG. Conveyor drive design in COMPAS 3D system. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2017; 1(27):77-92. DOI: 10.15507/0236-2910.027.201701.077-092

Введение

Комплексное внедрение CAD/CAM/CAE-технологий в процесс конструкторско-технологической подготовки производства и их развитие – в настоящее время не преимущество, а необходимость. При использовании САПР в машиностроении сокращаются сроки конструкторско-технологической подготовки производства, существенно повышается качество конструкторской и технологической документации, уменьшаются издержки или совсем исключаются опытное производство изделий.

В Рузаевском институте машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» развернут информационно-технологический комплекс, оснащенный современным программным обеспечением для инженерных расчетов (T-flex, КОМПАС, SolidWorks, Siemens PLM) [1].

Считаем необходимым использование 3D-технологий и прикладных инструментальных средств проектирования, расчета и инженерного анализа, в частности, в среде КОМПАС, при конструкторско-технологической подготовке производства.

Целью исследования является разработка методики создания трехмерной модели привода конвейера с помощью системы прочностных расчетов и прикладных библиотек в среде КОМПАС.

Обзор литературы

В состав развитых машиностроительных САПР входят CAD-, CAM- и CAE-системы. Функции CAD-систем (Computer-Aided Design) в машиностроении подразделяют на функции двумерного и трехмерного проектирования. К функциям 2D относят черчение, оформление конструкторской



документации; к функциям 3D – получение трехмерных геометрических моделей, метрические расчеты, реалистичную визуализацию, взаимное преобразование 2D- и 3D-моделей. В ряде систем предусмотрено также выполнение процедур, называемых процедурами позиционирования: компоновка и размещение оборудования, проведение соединительных трасс и др.

Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в САМ-системах (Computer-Aided Manufacturing). Основные функции САМ-систем: разработка технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, генерация постпроцессоров для конкретных типов оборудования с ЧПУ, расчет норм времени обработки.

Функции САЕ-систем (Computer-Aided Engineering) довольно разнообразны, поскольку связаны с проектными процедурами анализа, моделирования, оптимизации проектных решений. В состав машиностроительных САЕ-систем включают программы для выполнения моделирования полей физических величин, в том числе анализ прочности, расчета состояний моделируемых объектов и имитационного моделирования сложных производственных систем.

В работе [2] освещен опыт использования возможностей системы SolidWorks Motion при исследовании рычажных механизмов. Результатом расчетов в SolidWorks Motion при выполнении кинематического и силового анализа рычажного механизма являются графики кинематических характеристик для основных точек

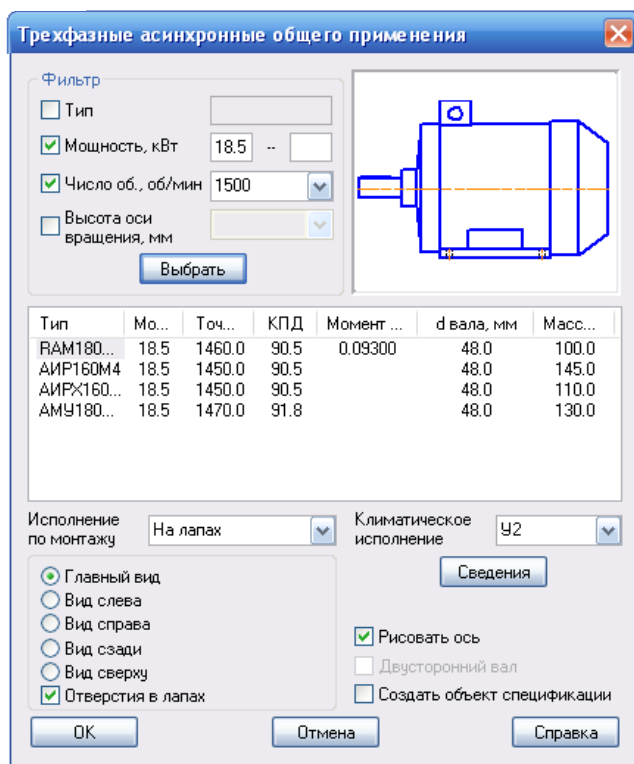
и звеньев механизма, а также динамическая визуализация схемы механизма. В исследовании [3] представлен опыт совместного применения в техническом университете КОМПАС-3D и системы управления электронным архивом конструкторской документации ЛОЦМАН:КБ при изучении дисциплины САПР.

В работе [4] описан подход к моделированию и анализу элементов механических передач в среде SolidWorks на базе API. В [5] проводится расчет прочности шестеренного насоса, реализуемого системой SolidWorks Simulation. Прочностные расчеты в приведенных примерах основаны на численных методах решения задач механики, в частности, методе конечных элементов. В [6] рассмотрены принципы работы библиотеки параметрических моделей зуборезных долбяков в системе КОМПАС. В [7–9] освещены основные вопросы автоматизации проектирования, расчета и оформления конструкторской и технологической документации (чертежей и 3D-моделей) осевого режущего инструмента и червячных зуборезных фрез средствами системы КОМПАС.

Материалы и методы

Рассмотрим последовательность проектирования привода конвейера с использованием библиотек КОМПАС-3D. Этапы проектирования привода конвейера выполняются согласно методике, изложенной в работах [10–11].

Первый этап – выбор электродвигателя, исходными параметрами для которого являются мощность и количество оборотов. Двигатель выбирается из прикладной библиотеки КОМПАС «Библиотека электродвигателей». Данная библиотека позволяет создавать двумерный чертеж всех основных видов двигателя. Диалоговое окно библиотеки представлено на рис. 1.



Р и с. 1. Диалоговое окно прикладной «Библиотеки электродвигателей»

F i g. 1. Dialog box of the application Library of Electronic Motors

Второй этап – расчет и моделирование клиноременной передачи. Исходными данными для проектирования являются следующие параметры:

- предварительное передаточное отношение передачи;
- предварительное межосевое расстояние, мм;
- предварительная мощность, кВт;

- частота вращения ведущего шкива, об/мин;
- количество ремней.

С помощью комплекса GEARS произведем расчет параметров для проектирования клиноременной передачи [Там же]. Сначала выполняется проектный расчет. Для этого выберем вкладку с одноименным названием (рис. 2).



Проектный расчёт

Страница 1 Предмет расчёта

Наименование и обозначение параметра		Значение
1. Предварительное передаточное отношение передачи	u_0	2
2. Предварительное межосевое расстояние, мм	a_0	520
3. Передаваемая мощность, кВт	N	16.93
4. Частота вращения ведущего шкива, об/мин	n_1	1450
5. Коэффициент динамичности нагрузки	k_f	1
6. Максимальное количество ремней	z_{max}	7
7. Тип ремня	—	кордшнуровой

Р и с. 2. Диалоговое окно для проведения проектного расчета клиноременной передачи

F i g. 2. Dialog box for belt transmission design calculation

Подобранные передачи

Обозначение ремня	Диаметр ведущего шкива	Диаметр ведомого шкива	Длина ремня	Передаточное отношение	Межосевое расстояние	Число ремней	Коэффициент запаса
Z ГОСТ 1284.1-89	250	500	2240	2.02	516	7	1.083
Z ГОСТ 1284.1-89	280	560	2360	2.02	501	6	1.017
A ГОСТ 1284.1-89	125	250	1600	2.02	502	7	1.057
A ГОСТ 1284.1-89	140	280	1700	2.02	515	6	1.023
A ГОСТ 1284.1-89	160	315	1800	1.989	521	6	1.173
A ГОСТ 1284.1-89	180	355	1900	1.992	522	5	1.094
A ГОСТ 1284.1-89	200	400	2000	2.02	519	5	1.202
A ГОСТ 1284.1-89	224	450	2120	2.029	518	4	1.059
A ГОСТ 1284.1-89	250	500	2240	2.02	516	4	1.158
A ГОСТ 1284.1-89	280	560	2360	2.02	501	4	1.257
B ГОСТ 1284.1-89	125	250	1600	2.02	502	4	1.116
B ГОСТ 1284.1-89	140	280	1700	2.02	515	4	1.246
B ГОСТ 1284.1-89	160	315	1800	1.989	521	3	1.059
B ГОСТ 1284.1-89	180	355	1900	1.992	522	3	1.177

Р и с. 3. Подобранные передачи

F i g. 3. Selected transmission

Подбор геометрических параметров шкивов

Страница 1 Предмет расчёта

Наименование и обозначение параметра	Ведущий шкив	Ведомый шкив
Обозначение ремня	2 ГОСТ 1284.1-83	
0. Расчётная ширина канавки шкива, мм	8.5	
1. Расчётный диаметр шкива, мм	200	400
2. Угол канавки шкива, градус	40	40
3. Ширина канавки по наружному диаметру шкива, мм	10.32	10.32
4. Расстояние между осью крайней канавки и ближайшим торцом шкива, мм	8	8
5. Наружный диаметр шкива, мм	205	405
6. Количество ремней	7	
7. Глубина канавки шкива, мм	9.5	9.5
8. Расстояние между осями канавок, мм	12	12
9. Ширина шкива, мм	88	88

Р и с. 4. Подбор геометрических параметров шкивов
F i g. 4. The pulleys geometric parameters selection

Валы и механические передачи 2D

Внешний контур

- Модель
 - Шкив D=400, L=88
 - Кольцевой паз
 - Кольцевые отверстия

Внутренний контур

- Модель
 - Разделитель между ступенями
 - Цилиндр. D=48, L=88
 - Шпоночный паз

Общая длина модели = 88

Шпоночный паз

Под призматическую шпонку ГОСТ 23360-78

Шпонка 14x9x6

☐ Снять ограничения по диаметру вала

Глубина паза 3.8

Вариант отрисовки

☐ Отрисовка шпонки

☐ Симметричная шпонка

☐ Параллельно образующей

Угол поворота шпоночного паза 0.00

OK Применить Отмена

Р и с. 5. Диалоговые окна программы GEARS
F i g. 5. GEARS program dialog boxes



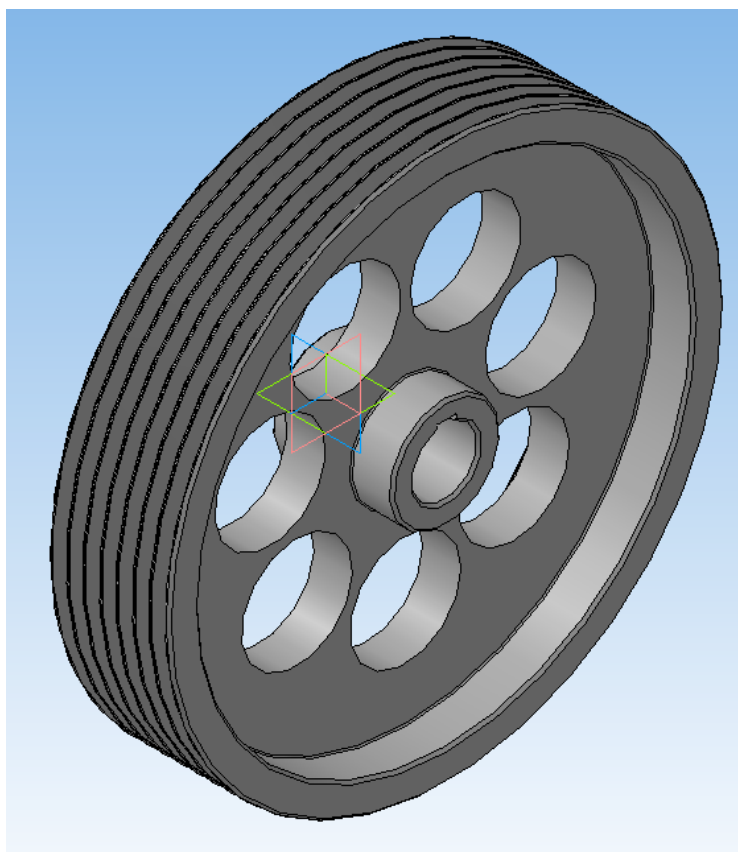
На рис. 3 представлены расчетные подобранные передачи.

После этого происходит подбор геометрических параметров шкивов. На рис. 4 представлено окно с полученными параметрами ведущего и ведомого шкива.

Третий этап – построение твердотельной трехмерной модели шкивов с помощью прикладной библиотеки «КОМПАС SHAFT-2D». Для этого войдем во вкладку «Валы и механические передачи 2D» и создадим двухмерный чертеж. Укажем, что создаем первую ступень и выберем шкив. Внесем параметры рассчитанного шкива. Во вкладке

«Дополнительные построения» укажем кольцевой паз и все требуемые размеры, а также кольцевые отверстия, их диаметры и местоположение. В центре выполним отверстие и шпоночный паз по ГОСТ 233608-78. Чертеж шкива генерируется автоматически. Построение модели шкива происходит после нажатия кнопки «Дополнительные построения» и выбора вкладки «Генерация твердотельной модели». Диалоговые окна программы представлены на рис. 5.

Модель шкива показана на рис. 6. Аналогичные операции проводим с ведущим шкивом.



Р и с. 6. Модель ведомого шкива
F i g. 6. The model of the driven pulley

После этого уточняем подобранную передачу с помощью этой же библиотеки. Проверочный расчет выполняется аналогичным образом.

Четвертый этап – моделирование червячной передачи при помощи

прикладной библиотеки «КОМПАС SHAFT-2D». Для выполнения данной операции создаем новый чертеж и запускаем библиотеку. Выбираем геометрический расчет по межосевому расстоянию (рис. 7).

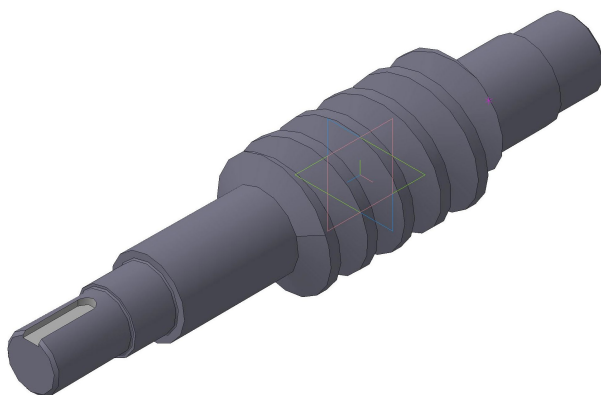
Геометрический расчет	
Страница 1 Страница 2 Предмет расчета	
Параметры	
1. Число витков червяка	4
2. Число зубьев колеса	32
3. Модуль, мм	16.0
4. Коэффициент диаметра червяка	8
5. Вид червяка	ЗА
6. Вид обработки червяка	точение
7. Межосевое расстояние, мм	320
8. Угол профиля зацепления, °	26 ° 34 ' 0 "
9. Коэффициент высоты головки зуба	1
10. Коэффициент расчетной толщины	2.22
11. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.3
12. Коэффициент радиального зазора у поверхности впадин червячного колеса	0.2
13. Направление линии витка	правое

Р и с. 7. Диалоговое окно программы «КОМПАС SHAFT-2D»

F i g. 7. The COMPAS SHAFT-2D dialog program box

Вносим исходные данные (число витков, число зубьев, модуль и т. д.), рассчитанные согласно [Там же] и формируем результаты расчета. Следующий расчет на прочность выполняется аналогичным образом. В результате проектирования и построения чертежа библиотека предусматривает постро-

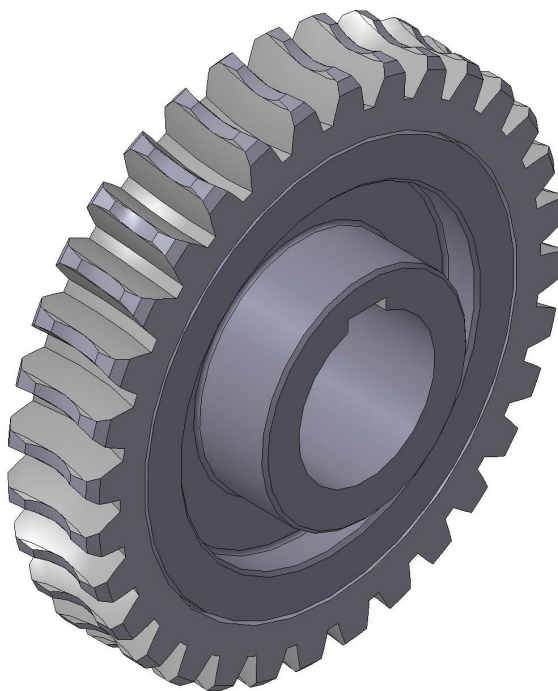
ение твердотельной модели: следует указать способ отрисовки – и модель сгенерируется автоматически. Библиотека выполняет расчет одновременно для червяка и червячного колеса, но моделирование деталей зацепления происходит поэтапно. Сначала по расчетам строится червяк и его модель (рис. 8).



Р и с. 8. Твёрдотельная трехмерная модель червяка
F i g. 8. Solid-state three-dimensional model of the worm

Далее производится расчет червячного зацепления с помощью комплекса программ GEARS. Для этого используем геометрический расчет по межосевому расстоянию. Создаем новый чертеж и запускаем библиотеку. Строится

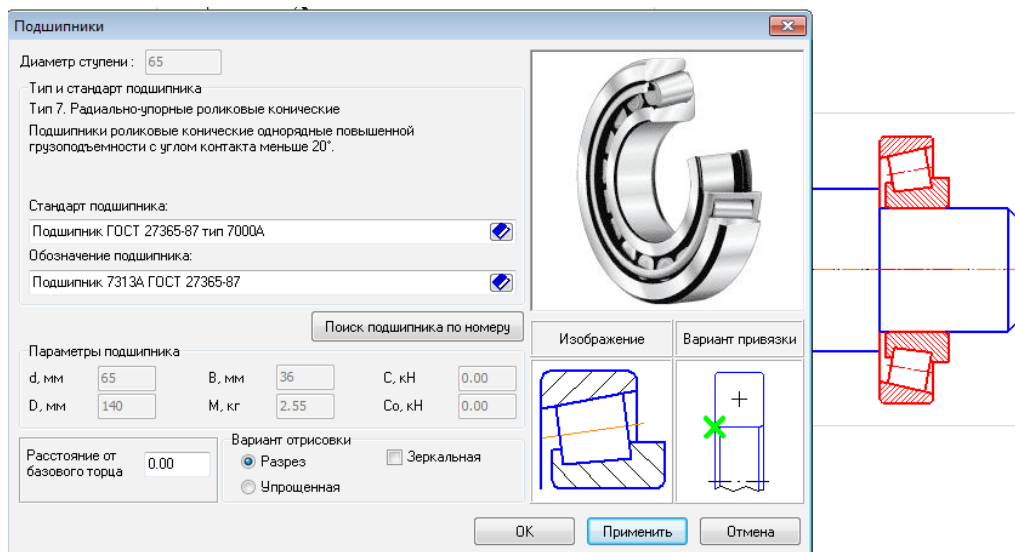
двумерный чертеж венца червячного колеса с возможностью последующей генерации в твердотельную модель червячного колеса (рис. 9). Данный расчет производится одновременно с расчетом червяка и полностью аналогичен ему.



Р и с. 9. Модель червячного колеса в сборе
F i g. 9. Model of assembled worm gear

Расчет и выбор подшипников качения производится аналитически согласно [Там же] и с помощью GEARS,

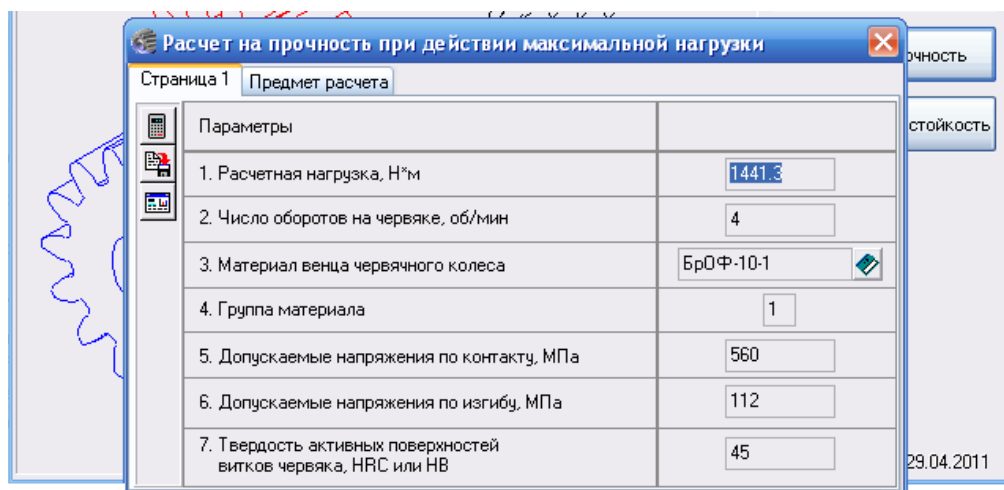
а твердотельные модели строятся по рассчитанным значениям с помощью библиотеки «Подшипники-3D» (рис. 10).



Р и с. 10. Диалоговое окно программы выбора подшипников
F i g. 10. Bearing selection program dialog box

С помощью комплекса GEARS также можно произвести расчет на прочность и теплостойкость редуктора.

Вносим исходные данные; формируем результаты расчета (рис. 11). На рис. 12 представлено окно расчета.



Р и с. 11. Расчет на прочность
F i g. 11. Strength analysis



Расчет на теплостойкость

Страница 1 | Предмет расчета

Параметры	
1. Режим работы передачи	Без искусственного охлаждения
2. Масса редуктора, кг	120
3. К.П.Д. в опорах	0.88
4. Марка масла	Трансмиссионное
5. Масса масла в ванне, кг	5
6. Кинематическая вязкость масла при 50°C, (•10 ⁻⁶)м ² /с	400
7. Кинематическая вязкость масла при 100°C, (•10 ⁻⁶)м ² /с	32
8. Температура окружающего воздуха, °C	20
9. Площадь свободной поверхности охлаждения корпуса, м ²	2.56
10. Коэффициент теплопередачи корпуса, (Вт/м ² °C)	13.1
11. Диаметр вентилятора, мм	358
12. Площадь части поверхности корпуса, обдуваемой вентилятором, м ²	0.768

Р и с. 12. Расчет на теплостойкость
F i g. 12. Thermal resistance calculation

Моделирование редуктора произведем с помощью библиотеки «Редуктор-3D», предназначенной для проектного расчета и построения в КОМПАС-3D трехмерной модели одноступенчатых редукторов общего назначения трех видов: конического, цилиндрического или червячного. Запускаем библиотеку, выбираем тип «Червячный редуктор» (рис. 13).

Вводим исходные данные. Программа корректирует расчетные значения, и если они нас не удовлетворяют, появляется диалоговое окно с коррек-

тировкой параметров по расчету. После чего предлагается выбрать необходимые разрезы и сечения. Далее происходит построение деталей редуктора и его сборка. На рис. 14 представлена трехмерная модель редуктора в разрезе.

Пятый этап – сборка привода в системе КОМПАС-3D. Добавляем в сборку ранее спроектированные модели редуктора, электродвигателя, клиноременной передачи, детали «Рама» и «Рама двигателя». На рис. 15 представлена трехмерная модель привода конвейера.

РЕДУКТОР-3D V2.3

Конический редуктор

Исходные данные

Крутящий момент на ведомом валу N_m 1200...3500 **1441,3**

Угловая скорость ведомого вала, $1/c$ **8**

Передающее число редуктора U **8**

Режим работы редуктора **лёгкий**

Цилиндрический редуктор

Материал вала червячного колеса

Материал	способ отливки	G_v , МПа	G_t , МПа	$G_{H\sigma}$, МПа	$G_{H\tau}$, МПа
БрО10Ф1	в кокиль	275	200	235,1	44,0

Материал червяка: Сталь 40Х. Твердость червяка HRC **>45**

Цилиндрический редуктор

Условный расчет вала

Заниженные напряжения кручения $[T_k]$, МПа **20**

Вал №1

$d_1 = 40$ мм; $d_2 = 45$ мм; $d_3 = 50$ мм; $d_4 = 56$ мм; $d_5 = 63$ мм;

Вал №2

$d_1 = 75$ мм; $d_2 = 80$ мм; $d_3 = 85$ мм; $d_4 = 90$ мм; $d_5 = 100$ мм;

Выбор подшипников качения

Тип подшипников **роллерные конические**

Параметры выбранных подшипников

Вал	номер	d, мм	D, мм	B, мм	C, H
Ведущий	7310	50	110	29,25	100000
Ведомый	7217	85	150	30,5	130000

Конический редуктор

Проверочный расчет передачи

Действительные контактные напряжения G_H , МПа **245,58**

Напряжения изгиба зубьев колеса G_{Hk} , МПа **22,76**

Стрела прогиба f , мм **0,0666**

Шпоночные соединения

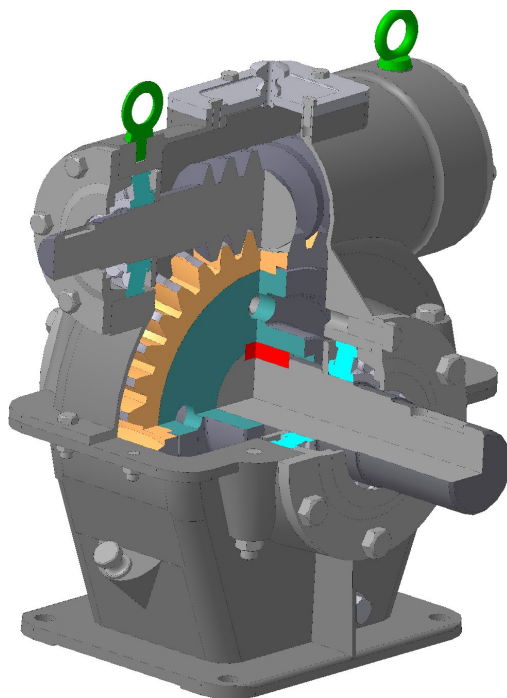
Результат расчета шпоночных соединений

Вал	Момент	d, мм	l, мм	b, мм	h, мм	G _{зм} , МПа	G _{зм} , МПа
Ведущий	207	40	50	12	8	74,90	100
Ведущий	207	56	56	16	10	40,66	100
Ведомый	1441,3	75	90	20	12	100,66	100
Ведомый	1441,3	90	110	25	14	59,21	100

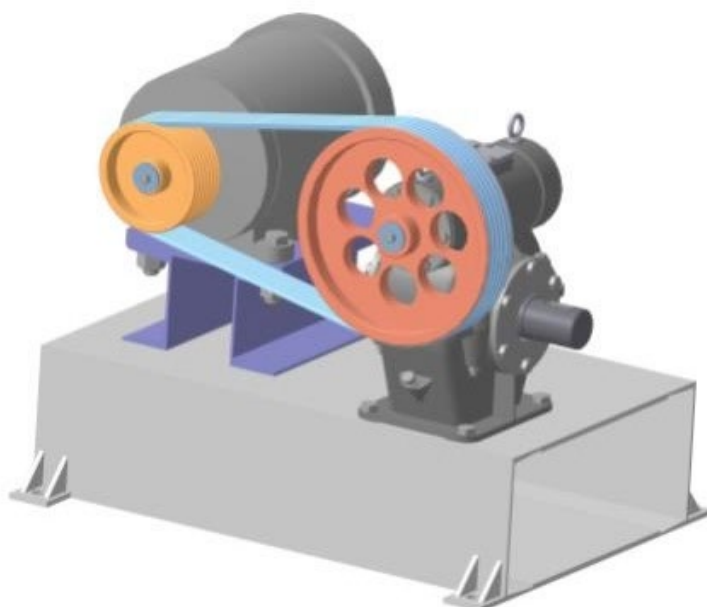
Червячный редуктор

Разработчик проекта: Кидрук М.И. (НУВХЛ, г.Ровно)

Р и с. 13. Диалоговое окно библиотеки «Редуктор-3D»
Fig. 13. "Reducer-3D" Library window



Р и с. 14. Редуктор червячный
F i g. 14. Worm reducer



Р и с. 15. Привод конвейера
F i g. 15. Conveyor drive

По сборочной модели привода можно выполнить чертеж общего вида привода с помощью команды «ассоциативные виды». Спецификация формируется автоматически.

Результаты исследования

В ходе исследования была разработана последовательность проектирования привода конвейера с помощью прикладных библиотек КОМПАС-3D. В статье представлены возможности проектного и проверочного расчетов разработанных трехмерных моделей деталей, входящих в проектируемое изделие, моделирование механических передач. Выполнение данных операций обеспечивает многократное использование разработанной конструкторской документации для изделий соответствующего типа, а следовательно, сокращение времени на подготовку производства.

Обсуждение и заключения

Таким образом, была разработана методика создания трехмерной модели привода конвейера, включающая выбор необходимых параметров для проектирования, расчет и моделирование механических передач для проектируемого изделия. Данная методика может быть применима при проектировании изделий машиностроения, выполнения производственного проектирования деталей машин и выполнении выпускных квалифицированных работ технического профиля. Использование современных графических САПР при проектировании машиностроительных изделий позволяет сократить сроки конструкторско-технологической подготовки производства, повысить качество разрабатываемой технической документации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кечемайкин В. Н., Майкова С. Э., Масленикова Л. В., Родиошкина Ю. Г. Особенности организации подготовки студентов инженерных специальностей в современных условиях развития машиностроения // Вестник Мордовского университета. 2015. № 1. С. 44–51. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23338429>
2. Родиошкина Ю. Г. Кинематический анализ рычажного механизма в среде SolidWorks // SWorld : сб. науч. тр. 2014. Т. 7, № 1. С. 40–42. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21349554>
3. Исаев А., Федорова Д. Изучение дисциплины САПР на основе программных продуктов АСКОН // САПР и графика. 2015. № 12 (230). С. 78–80. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25732981>
4. Чугунов М. В., Щёкин А. В. Моделирование и анализ элементов механических передач в среде SolidWorks на базе API // Вестник Мордовского университета. 2014. № 1. С. 148–153. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21474954>
5. Душин И. Ф., Маскайкина С. Е., Полушина Н. И., Ваваева Н. Г. Прочностной расчет корпуса шестеренного насоса с использованием SolidWorks Simulation // Вестник Мордовского университета. 2014. № 1. С. 154–160. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21474955>
6. Щёкин А. В., Митин Э. В., Сульдин С. П. Описание структуры библиотек параметрических моделей зуборезных долбяков в системе КОМПАС // СТИН. 2014. № 4. С. 6–9. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21836470>
7. Сульдин С. П., Митин Э. В., Щёкин А. В. Автоматизация проектирования технологической документации с использованием системы КОМПАС // Вестник машиностроения. 2013. № 7. С. 80–83. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20737002>
8. Щёкин А. В., Митин Э. В., Сульдин С. П. Автоматизация проектирования спиральных сверл в системе КОМПАС // САПР и графика. 2013. № 1 (195). С. 90–94. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21307461>
9. Щёкин А. В., Митин Э. В., Сульдин С. П. Автоматизация проектирования червячных зуборезных фрез в системе КОМПАС // САПР и графика. 2011. № 12 (182). С. 101–104. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21307379>



10. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Детали машин: курсовое проектирование : учеб. пособие ; доп. Мин. обр-я РФ. 5-е изд., доп. М. : Машиностроение. 2004. 560 с., ил. URL: <http://lib-bkm.ru/12875>
11. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин. 2-е изд., перераб. и доп. Калининград : Янтарный Сказ. 2002. 454 с. URL: <http://lib-bkm.ru/12743>

Поступила 22.11.2016; принята к публикации 13.01.2017; опубликована онлайн 31.03.2017

Об авторах:

Родиошкин Михаил Юрьевич, преподаватель отделения среднего профессионального образования Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (431440, Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3745-8643>, rmm@mail.ru

Масленникова Людмила Васильевна, профессор кафедры общенаучных дисциплин Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (431440, Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), доктор педагогических наук, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8696-2256>, maslennikova-lv@mail.ru

Арюкова Ольга Александровна, преподаватель отделения среднего профессионального образования Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (431440, Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), кандидат педагогических наук, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1157-1613>, aryukowa@mail.ru

Родиошкина Юлия Григорьевна, доцент кафедры общетехнических дисциплин Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (431440, Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93), кандидат педагогических наук, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1320-8973>, jgrim@mail.ru

Вклад соавторов: М. Ю. Родиошкин: компьютерные работы, верстка и редактирование текста; Л. В. Масленникова: изучение концепции, научное руководство, критический анализ; О. А. Арюкова: участие в подготовке текста; Ю. Г. Родиошкина: подготовка начального текста с последующей доработкой, анализ литературных данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Kechemaykin VN, Maykova SE, Maslennikova LV, Rodioshkina YuG. Osobennosti organizatsii podgotovki studentov inzhenernykh spetsialnostey v sovremennykh usloviyakh razvitiya mashinostroeniya [Features of training of engineering students in the modern conditions of engineering development]. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2015; 1:44-51. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23338429> (In Russ.)
2. Rodioshkina YuG. Kinematicheskiy analiz rychnazhnogo mekhanizma v srede SolidWorks [Kinematic analysis of the linkage in SolidWorks]. *SWorld: sb. nauch. tr.* = SWorld: Collection of Scientific Papers. 2014; 1(7):40-42. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21349554> (In Russ.)
3. Isayev A, Fedorova D. Izucheniye distsipliny SAPR na osnove programnykh produktov ASKON [Study of CAD discipline based ASCON software]. *SAPR i grafika* = CAD and Graphics. 2015; 12(230):78-80. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25732981> (In Russ.)
4. Chugunov MV, Shchekin AV. Modelirovaniye i analiz elementov mekhanicheskikh peredach v srede SolidWorks na baze API [Modeling and analysis of elements of mechanical transmissions in SolidWorks based on API]. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2014; 1:148-153. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21474954> (In Russ.)
5. Dushin IF, Maskaykina SYe, Poluyeshina NI, Vavayeva NG. Prochnostnoy raschet korpusa sheshterennogo nasosa s ispolzovaniyem SolidWorks Simulation [Strength calculation of gear pump housing with SolidWorks Simulation]. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2014; 1:154-160. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21474955> (In Russ.)

6. Shchekin AV, Mitin EV, Suldin SP. Opisaniye struktury bibliotek parametricheskikh modeley zuboreznykh dolbyakov v sisteme KOMPAS [Description of structure library of parametric models of gear cutting cutters in COMPAS system]. STIN. 2014; 4:6-9. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21836470> (In Russ.)
7. Suldin SP, Mitin EV, Shchekin AV. Avtomatizatsiya proektirovaniya tekhnologicheskoy dokumentatsii s ispolzovaniyem sistemy KOMPAS [Automation of technological documentation design using COMPAS system]. *Vestnik mashinostroeniya* = Engineering Bulletin. 2013; 7:80-83. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20737002> (In Russ.)
8. Shchekin AV, Mitin EV, Suldin SP. Avtomatizatsiya proektirovaniya spiralnykh sverl v sisteme KOMPAS [Computer-aided design of spiral drills in COMPAS system]. *SAPR i grafika* = CAD and Graphics. 2013; 1(195):90-94. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21307461> (In Russ.)
9. Shchekin AV, Mitin EV, Suldin SP. Avtomatizatsiya proektirovaniya chervyachnykh zuboreznykh frez v sisteme KOMPAS [Computer-aided design of worm gear cutting mills in COMPAS system]. *SAPR i grafika* = CAD and Graphics. 2011; 12(182):101-104. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21307379>
10. Dunayev PF, Lelikov OP. Detali mashin: kursovoye proektirovaniye: ucheb. posobiye [Machine parts. Course design: Textbook.]. 5th ed. Moscow: Mashinostroeniye; 2004. Available from: <http://lib-bkm.ru/12875> (In Russ.)
11. Sheynblit AYe. Kursovoye proektirovaniye detaley mashin [Course design of machine parts]. 2nd ed. Kaliningrad: Yantarnyy Skaz. 2002. Available from: <http://lib-bkm.ru/12743> (In Russ.)

Submitted 22.11.2016; revised 13.01.2017; published online 31.03.2017

About the authors:

Mikhail Yu. Rodioshkin, Lecturer of Vocational Education Department, Ruzayevka Institute of Engineering, National Research Mordovia State University (93 Lenina St., Ruzayevka 431440, Russia), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3745-8643>, rmrim@mail.ru

Lyudmila V. Maslennikova, Professor of Social Studies Department, Ruzayevka Institute of Engineering, National Research Mordovia State University (93 Lenina St., Ruzayevka 431440, Russia), Dr.Sci. (Pedagogy), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8696-2256>, maslennikova-lv@mail.ru

Olga A. Aryukova, Lecturer of Vocational Education Department, Ruzayevka Institute of Engineering, National Research Mordovia State University (93 Lenina St., Ruzayevka 431440, Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1157-1613>, aryukowa@mail.ru

Yuliya G. Rodioshkina, Associated Professor of Social Studies Department, Ruzayevka Institute of Engineering, National Research Mordovia State University (93 Lenina St., Ruzayevka 431440, Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1320-8973>, jgrim@mail.ru

Contribution of the co-authors: M. Rodioshkin compiled the draft; L. Maslennikova developed a theoretical framework; coordinated activities of the co-authors, and critically revised the manuscript; O. Aryukova took part in writing of the draft; Yu. Rodioshkina wrote the draft, and reviewed the scholarly literature.

All authors have read and approved the final manuscript.