

теплопроводностью и низкой ползучестью при повышенной температуре. Работы проводятся с модифицированными железокобальтовыми медными сплавами и различными видами бронз.

Литература

1. Заяц, Э.В. Сельскохозяйственные машины: учеб. / Э.В. Заяц. Минск: ИВУ Минфина, 2019. – 260 с.
2. Уборочные машины «Гомсельмаш»: пособие / А.В. Клочков [и др.]; под редакцией А.В. Клочкова. – Минск: РИПО, 2021. – 219 с.
3. Ершов, А.М. Обзор новинок / А.М. Ершов // МОТО МИР. – 2019. - №2
4. Михайлов С.А. Езда по-европейски: современная трансмиссия / С.А. Михайлов // МОТО ЭКСПЕРТ. – 2019. – 17 июня
5. Долгий С.А. Трансмиссии самоходных колесных сельскохозяйственных машин и применяемые в них тормозные механизмы / С.А. Долгий // «Перспективные направления развития машиностроения в области мобильных машин, технологического оборудования и энергетических систем» [Электронный ресурс]: материалы 78-й студенческой научно-технической конференции, 17-18 мая 2022 г. / БНТУ; редкол.: А.А. Калина [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022 – с. 71-77.
6. Ильющенко А.Ф. Порошковая металлургия в Беларуси. Вызовы времени: сборник научных трудов / гл. ред. А.Ф. Ильющенко; Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 534 с.
7. Волкогон Г.М., Еремеева Ж.В., Ледовский Д.А. Современные процессы порошковой металлургии: учебное пособие / Г.М. Волкогон, Ж.В. Еремеева, Д.А. Ледовской – Москва; Вологда: Инфа-Инженерия, 2020 – 208 с.

УДК 621.3

Программа для расчёта привода

Program for drive calculation

Студентка гр. 10606122 Барбарич Е.В.

Научный руководитель – Калина Алла Александровна
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Аннотация: В статье дано описание разработанной программы, предназначенной для кинематического и силового расчётов привода,

состоящего из трёх элементов. Для корректной работы программы необходимо по схеме выбрать назначение элементов. Элементы не должны включать более одного редуктора, одной открытой передачи, одной муфты. Предполагается, что редуктор одноступенчатый, имеет 2 пары подшипников. Значения мощности P указывается в кВт, частота вращения n – в мин^{-1} . На данном этапе разработки программа позволяет скорректировать некоторые расчетные значения, а затем выполнить перерасчёт.

Abstract: the program is intended for kinematic calculation of a drive consisting of three elements. For correct to operate the program, you need to select the purpose of the elements according to the diagram. Items are not must include more than 1 reduction gear, either an open gear or a coupling. It is assumed that the reduction gear has 2 pairs bearings. P values in kW, n – in min^{-1} . At this stage of development, the program allows you to adjust some calculated values and then perform recalculation.

Ключевые слова: кинематический расчет, привод, программа, расчет, редуктор, оптимизация, проектирование.

Keywords: kinematic calculation, drive, program, calculation, reduction gear, optimization, design.

В настоящее время обучающиеся могут выполнять кинематический расчета привода в Eхеle. Программ для полного расчета приводов, содержащих различные механические передачи, немного.

Например, швейцарская компания KISSsoft AG является разработчиком программного комплекса KISSsoft. Компания специализируется на создании программного обеспечения для инженеров и конструкторов в различных областях - от проектирования фуникулеров до редукторов для оборудования, трансмиссий гоночных болидов и малогабаритных передач для марсоходов. KISSsoft - это программный комплекс, который предназначен для разработки, анализа и оптимизации параметров различных деталей и сборочных единиц машин (зубчатых колёс, шкивов ремённых передач, звёздочек цепных передач, валов, подшипников, соединительных элементов). Он также способен моделировать приводы в целом. В состав программного комплекса входят три модуля: KISSsoft, KISSsys и GPK.

KISSsoft/KISSsys соответствует современным стандартам (DIN, ISO, AGMA) и является эффективным инструментом для расчета размеров деталей машин, определения прочности компонентов и документирования результатов.

Программное обеспечение KISSsoft обладает возможностью легкого экспортирования рассчитанных трехмерных деталей или систем во многие САД-системы для дальнейшей работы. Используя KISSsoft, можно значительно сократить время, необходимое для расчета и проектирования механизмов, повысить эффективность и качество работ благодаря применению современных методик, соответствующих международным стандартам. Программа KISSsys является дополнительным инструментом для KISSsoft, предназначенным для создания моделей редукторов, трансмиссий, коробок передач и систем привода в целом. Она обеспечивает анализ всех зубчатых колес, валов и подшипников. С помощью KISSsys можно разрабатывать разнообразные кинематические схемы и расширять функционал программы собственными методами расчетов и конструктивными решениями благодаря встроенному языку программирования. Модуль GPK, основанный на KISSsys, предназначен для расчета, анализа и оптимизации типовых моделей промышленных редукторов. Анализ трехмерной компоновки позволяет оперативно выявлять возможные проблемы сборки, такие как интерференция зубьев колес, неправильное размещение элементов на валах и прочее.

Программа DM-Monster 3D явилась результатом деятельности, направленной на облегчение выполнения курсового проекта по предмету «Детали машин» для студентов технических вузов. С помощью программы DM-Monster 3D можно выполнить практически любой курсовой проект или работу, получив при этом полную пояснительную записку в Word и чертежи в AutoCAD или КОМПАС. Использование разнообразного набора инструментов позволяет разрабатывать проекты «с нуля» и оптимизировать уже существующие. Путем изменения материалов передач и параметров редуктора можно наблюдать изменения в геометрии рассчитанного устройства при выводе трехмерной модели в графической среде КОМПАС 3D.

В программе выполняются все необходимые этапы расчета:

предварительная компоновка редуктора или привода. Это наиболее важный этап. От него зависит то, как программа произведёт расстановку сил, действующих на валы, и как будет в последствии выполнена окончательная компоновка; кинематический и силовой расчет привода; расчет передач; предварительный расчет валов редуктора, привода; тепловой расчет (в случае отсутствия необходимости от него можно отказаться); эскизная компоновка (здесь же расчет и настройка конструкций шестерен, колес, звездочек,

шкивов, согласование диаметров валов под муфты, автоматический расчет нагрузок на валах, автоматический расчет эпюр моментов валов); выбор муфт (программа автоматически обчисляет муфты и предлагает к выбору те, которые подходят); подбор и расчет соединений деталей с валами; подбор подшипников и проверка их долговечности; расчет элементов корпуса редуктора; основной расчет валов; выбор смазки.

Существуют и другие масштабные и дорогостоящие программы. Доступ ко многим, в том числе к KISSsoft, ограничен из-за санкций, а DM-monster - платная программа. В связи с этим, было принято решение разработать собственную программу для расчета, оптимизации и проектирования редуктора или привода.

На данном этапе разработки программы возможно выполнять кинематический и силовой расчеты привода, состоящего из двух элементов, один из которых - одноступенчатый редуктор. Можно, произвести полный расчет привода, состоящего, например, из клиноременной передачи и червячного редуктора. В перспективе программа предназначена для кинематического и силового расчёта привода, состоящего из трёх элементов. Для корректной работы программы необходимо по схеме выбрать назначение каждого элемента. Один из элементов привода (редуктор) должен включать одноступенчатую: коническую, цилиндрическую или червячную передачи. Другой элемент привода может включать: клиноременную, плоскоременную или цепную передачи. Третий элемент привода представляет собой соединительную муфту. Предполагается, что редуктор имеет 2 пары подшипников.

В исходные данные проекта необходимо ввести мощность на выходном валу в киловаттах, частоту вращения - в мин^{-1} , долговечность элементов привода - в часах.

Программа позволяет скорректировать некоторые значения привода, а именно: КПД, частоту вращения, передаточные отношения, диаметры шкивов, межосевое расстояние и другие. Затем выполнить перерасчёт:

<Меню>: <Кинематический расчёт привода>.

Если требуется произвести новый расчёт с учётом только исходных данных, перед выполнением кинематического расчёта необходимо обнулить расчётные значения: кнопка <очистить результаты расчёта>.

Этапы расчета:

- кинематический расчет привода;
- расчёт клиноременной передачи;

- проектировочный расчёт червячной передачи;
- проверочный расчёт;
- тепловой расчёт.

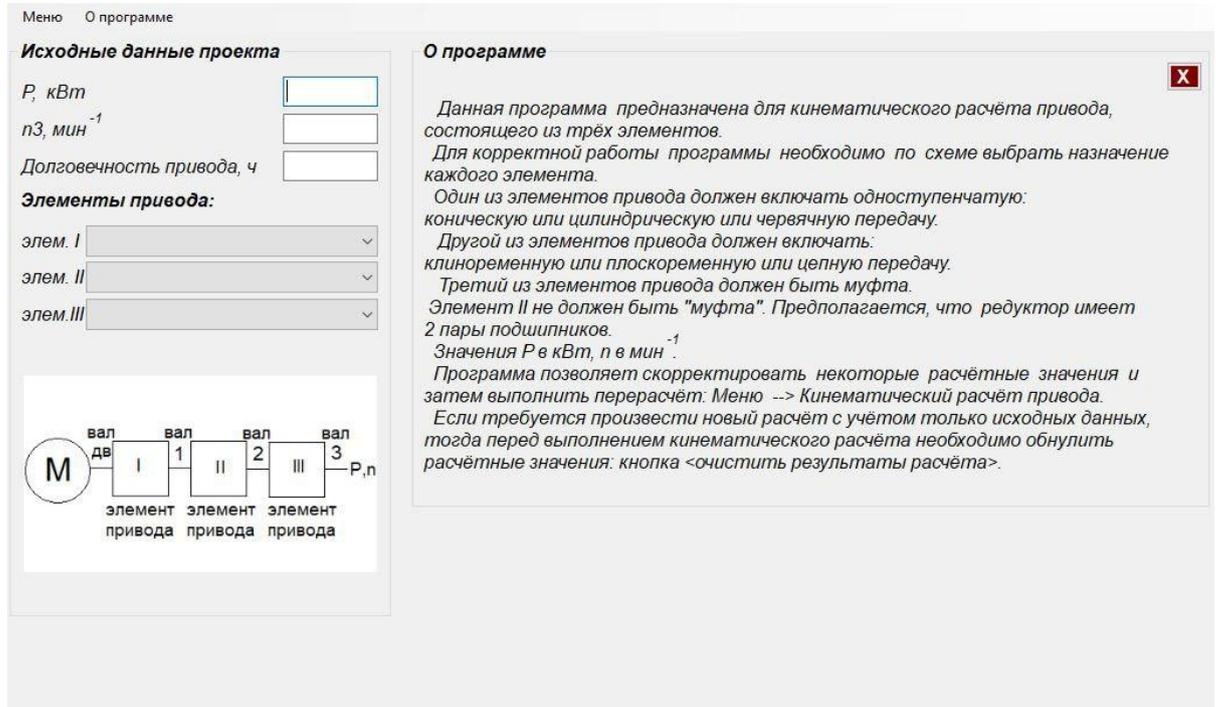


Рис. 1. Пример кинематического расчета – стартовая страница

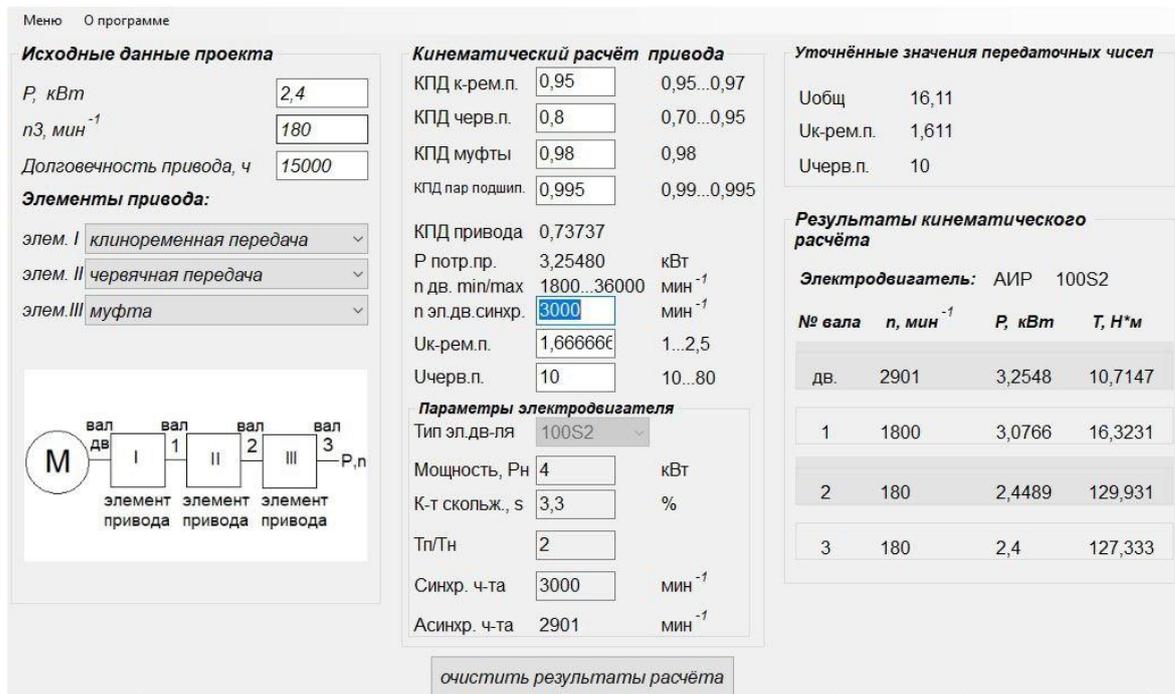


Рис. 2. Пример кинематического и силового расчетов – результаты расчёта (общий вид)

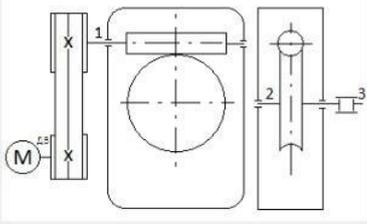
Исходные данные проекта		Кинематический расчёт привода		Уточнённые значения передаточных чисел		
Р, кВт	2,4	КПД к-р.п.	0,95	0,94 ... 0,96	Уобщ	16,11
n3, мин ⁻¹	180	КПД черв.п.	0,80	0,70 ... 0,90	Укрп	1,611
Долговечность привода, ч	15000	КПД пар подшип.	0,995	0,995	Учп	10
Число пар подшипников	2	КПД муфты	0,98	0,98	Результаты кинематического расчёта	
Тип передачи	клиноременная	КПД привода	0,73737		Электродвигатель: АИР 100S2	
Тип редуктора	червячный	Р потр.пр.	3,25480	кВт	№ вала n, мин⁻¹ P, кВт T, Н*м	
Количество муфт	1	Укрп	1,66667	1 ... 2,5		
		Учп	10	10 ... 80		
		n эл.дв. min.	3000,00	мин		
		Параметры электродвигателя				
		Тип эл.дв-ля	100S2			
		Мощность, Pн	4	кВт		
		К-т скольж., s	3,3	%		
		Тп/Тн	2			
		Синхр. ч-та	3000	мин ⁻¹		
		Асинхр. ч-та	2901	мин ⁻¹		
<input type="button" value="начать расчёт"/>		<input type="button" value="продолжить расчёт"/>		<input type="button" value="расчёт клиноременной передачи"/>		

Рис.3. Пример кинематического и силового расчетов привода (клиноременная передача, червячный редуктор и соединительная муфта)

геометрия передачи		межосевое расстояние и длина ремня		окончание расчёта ремней		
размеры и параметры ремня		межосевое расстояние и длина ремня		окончание расчёта ремней		
Тип	O(Z)	143,5	<= a <= 410	допуск. окруж. усилие, [q]	1,23088	МПа
Площадь сечения, А	47	Принимаем a равное	588	напряжение, б _о	1,2	МПа
Ширина, b	8,5	Длина, L (расчётная)	1498,87394	удельное окруж. усилие, q _о	1,57	МПа
Высота, h	6	Длина, L (стандартная)	1500	уточняюще коэф-ты для вычисления [q]		
диаметры шкивов		Уточнённое a	588,56343€	коэффициент, C _о	0,98	
Ведущий, d1	80	w	322,01297€	коэффициент, C _в	1	
угол профиля канавок	36	q	506,25	коэффициент, C _ф	0,8	
Ведомый, d2(расчёт)	128,933	amin	566,06343€	коэффициент, C _р	1	
Ведомый, d2(станд.)	125	атах	633,56343€	Число ремней, Z(расчёт)	4,62994	
фактическое передаточное число		угол обхвата на малом шкиве		Число ремней, Z(факт.)	5	не более 5
К-т упругого скольж-я	0,01	α1	175,641	Сила действ. на валы, Fп	563,592	Н
Уф	1,57828	окружная сила, Ft		267,848	Н	
Отклонение от Укрп	2,07138	частота пробега ремня		8	<=10 1/с	
Скорость ремня, v	12,1516			Напряж-е в цикле бтах	10,2850	МПа
<input type="button" value="назад"/>		<input type="button" value="продолжить расчёт"/>		<input type="button" value="далее"/>		<input type="button" value="расчёт червячного редуктора"/>
				Долговечность ремня, Lh	2053,82	500...5000ч

Рис. 4. Пример расчета клиноременной передачи привода

Алгоритм работы программы построен в таком же порядке, в котором он должен выполняться вручную, что облегчает освоение и использование программы студентами без специальной подготовки.

Заключение

Использование разработанной программы может существенно сократить время, требуемое для расчёта привода, состоящего из трёх элементов. Дальнейшие планы предполагают доработку программы до возможности выполнения расчета приводов любых схем в рамках курсового проекта по дисциплине «Детали машин». Внедрение продукта в образовательный процесс позволит облегчить и ускорить выполнение курсового проекта студентами.

Литература

1. Программный комплекс Kisssoft [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.kisssoft.com/ru>. Дата доступа: 02.05.2024
2. Программный комплекс Kisssoft [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.dm-monster.ru/DM-MonsterDrawing> Дата доступа: 02.05.2024