

2. Краков, М. С. Численные методы и обработка данных : пособие / М. С. Краков, С. Г. Погирницкая. – Минск : БНТУ, 2021. – 87 с.

3. Рудикова Л.В. Microsoft Office Excel 2016. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 640 с.

Современные методы проектирования и расчета зубчатых передач

Студент гр. 10309120 Бобрик Д.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Калина А.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Введение

В связи с нарастающими оборотами технологической гонки, возрастают требования как к точности и качеству разрабатываемого продукта, так и затратам времени на проектирование. Современного специалиста в области проектирования, в частности в машиностроении, невозможно представить без знания САПР.

Под проектированием понимается процесс составления описания, необходимого для построения в заданных условиях еще не существующего объекта на основе первичного описания этого объекта. Если этот процесс осуществляется человеком при взаимодействии с компьютером, то проектирование называется автоматизированным, если нет, то, соответственно, - неавтоматизированным.

Проектирование, при котором все преобразования описания объекта и алгоритма его функционирования осуществляются компьютером без участия человека, называется автоматическим. В данной статье основное внимание уделяется автоматизированному проектированию, которое и является предметом САПР.

САПР (система автоматизированного проектирования) — это комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющих автоматизированное проектирование.

На современном этапе существует ряд программ, обеспечивающих полный комплекс функций CAD-CAE-CAM моделирования: DS Catia, серия программ NX, среда разработки Solidworks, продукты компании Autodesk и другие.

Однако, вышеуказанные программы не обеспечивают функций для самого процесса проектирования: расчёта технической системы по требуемым параметрам. Этот факт способствовал созданию ряда программ для расчёта деталей машин: APM WinMachine, KISSsoft. Также стоит отметить, что некоторые программы (Inventor, Компас-3D) имеют свои модули для расчета соединений, но не дают всеобъемлющей информации о проекте, подтверждающей оптимальное исполнение детали при спроектированных габаритах.

В рамках курсового проектирования по дисциплине «Основы проектирования и детали машин» объем вычислений потребовал использование программного продукта для расчёта. В связи с функционалом выбор пал на KISSsoft, который значительно упростил проектирование.

Описание программного продукта KISSsoft

KISSsoft – разработка швейцарской компании KISSsoft AG, программное обеспечение (ПО), предназначенное для проектирования, анализа и оптимизации деталей машин. В программном комплексе доступно проектирование всех типов зубчатых передач, проведение контактного анализа. KISSsoft имеет множество функций, позволяющих решить ряд задач на уровне производства.

KISSsoft — это программа, предназначенная для высокоточного проектирования и расчета компонентов машин и позволяет проектировать валы, подшипники, пружины, а также цепи/приводные ремни. Дополнительные модули могут быть добавлены для расчета допусков и взаимодействия между системами с различной жесткостью. Весь процесс разработки продукта может быть легко и точно задокументирован, что исключает возможность ошибки при ручной записи результатов работы.

KISSsys — программа, которая позволяет моделировать и анализировать многокомпонентные механические системы, включая двигатели, гидравлические и пневматические системы. С её помощью можно моделировать механические системы на уровне компонентов и выполнять расчеты прочности, шума и вибрации с учетом взаимодействия между объектами.

Основные функции о KISSsoft: расчет геометрии; расчет кинематических и силовых параметров; оптимизация профиля; анализ контактов под нагрузкой; спектры нагрузки; расчет прочности.

KISSsoft имеет следующие расчетные модули:

1. Шестерни/коробки передач

Высокоточные расчеты могут быть выполнены для всех типов передач (цилиндрических с прямыми и непрямыми зубьями внешнего и внутреннего зацепления, конических, гипоидных, червячных, с некруглыми колесами).

2. Валы, подшипники

Высокоточные расчеты могут быть выполнены для валов и подшипников. Встроенный графический редактор для валов использует заданную геометрию вала, приложенные нагрузки и расположение подшипников в качестве базовой информации для выполнения расчетов.

3. Детали соединений

Имеется возможность анализа соединения вала со ступицей шпоночных, шлицевых, с натягом, резьбовых и штифтовых соединений.

4. Пружины

KISSsoft включает в себя как полезные функции для работы с пятью наиболее известными типами пружин, выполнения их тщательных расчетов, так и базы данных стандартных пружин и соответствующих материалов в соответствии со стандартами DIN.

5. Передачи гибкой связью

KISSsoft предлагает различные методы расчета ременных приводов, в которых используются данные производителя, а также возможность высокоточного расчета цепных передач в соответствии со стандартами DIN.

Также KISSsoft имеет ряд встроенных функций, связанных со спецификой производства машиностроительных деталей: выбор инструмента предварительной обработки; выбор инструмента для финишной обработки; выбор фрез из базы данных; работа с исходным контуром, рабочей и переходной поверхностями зуба.

KISSsoft не только позволяет по известным параметрам рассчитать характеристики зацепления, автоматически просчитывая все остальные неизвестные данные, но рассчитать и подобрать оптимальные в зависимости от заданного условия, прямо в процессе на этапе ввода данных. Продвинутые пользователи этого ПО даже смогут создавать массивы параметров зацепления, где учитывается многофакторная оптимизация, и отобразить область удовлетворительных решений в пределах интересующих параметров.

С помощью анализа контактов обрабатываемые зубчатые колёса могут быть изучены как отдельная зубчатая пара и как часть редуктора или коробки передач. Это позволяет одновременно сравнивать характеристики проектируемых и изготовленных изделий. Данные возможности KISSsoft позволяют значительно сократить временные затраты инженеров-

проектировщиков. Широчайшие возможности ПО KISSsoft для проектирования столь актуальных для промышленности элементов механических передач, как зубчатые колеса, не остались незамеченными во многих отраслях производства.

В качестве примера будет приведен расчет замкнутого дифференциала, выполненный автором.

Пример практического применения программы при расчете замкнутого дифференциала

Замкнутый зубчатый дифференциал – это дифференциальный механизм, в котором выходные звенья соединены друг с другом замыкающей передачей с неподвижными осями вращения колес. Замкнутые дифференциалы являются многопоточными механизмами, позволяющими реализовать большие передаточные отношения при высоком КПД. То есть, замкнутый дифференциал позволяет получать максимальное передаточное отношение при минимальном числе звеньев. Он образуется из простейшего дифференциала, называемого далее исходным, путём введения дополнительной кинематической цепи, замыкающей какие-либо два подвижных звена исходного дифференциала. В свою очередь, исходный дифференциал – это планетарный механизм с двумя степенями свободы. Вторая степень свободы образуется в результате освобождения неподвижного колеса планетарной передачи, обладающей изначально одной степенью свободы. Также был приведен ряд требований по геометрии, которые можно увидеть далее в расчетах.

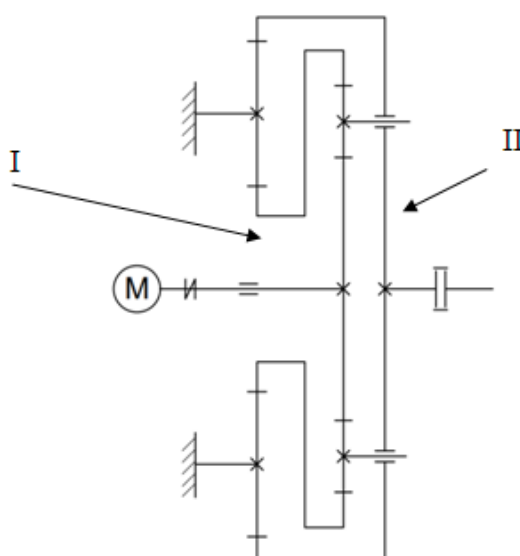
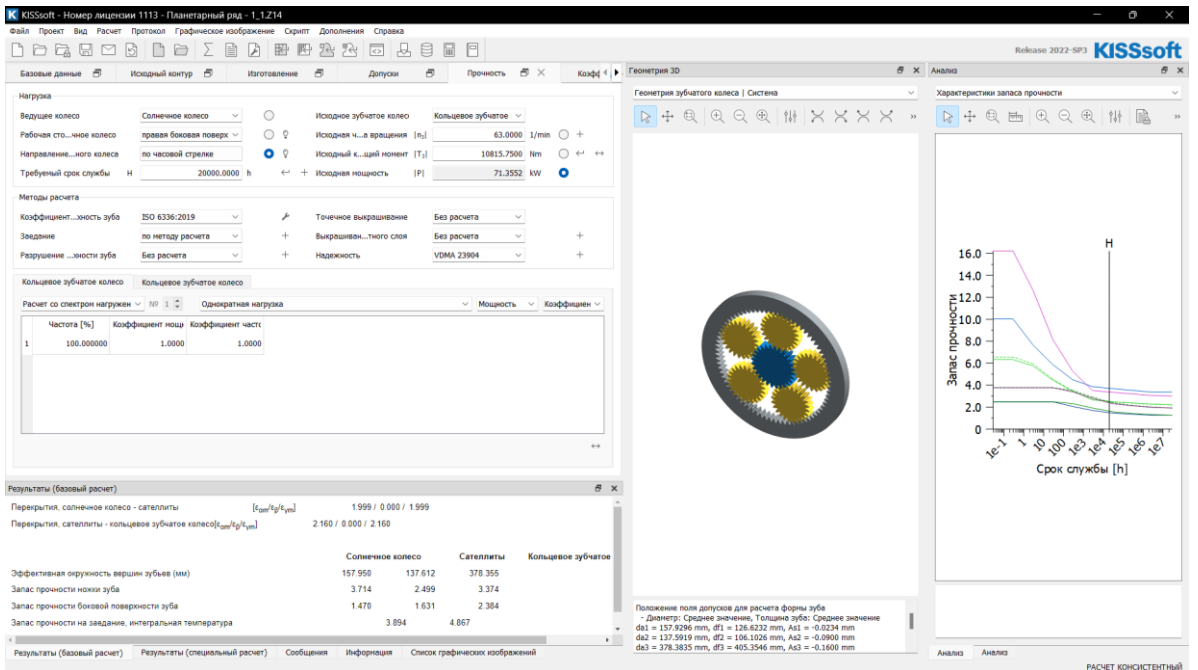


Рис.1 Кинематическая схема дифференциального механизма

a)



б)

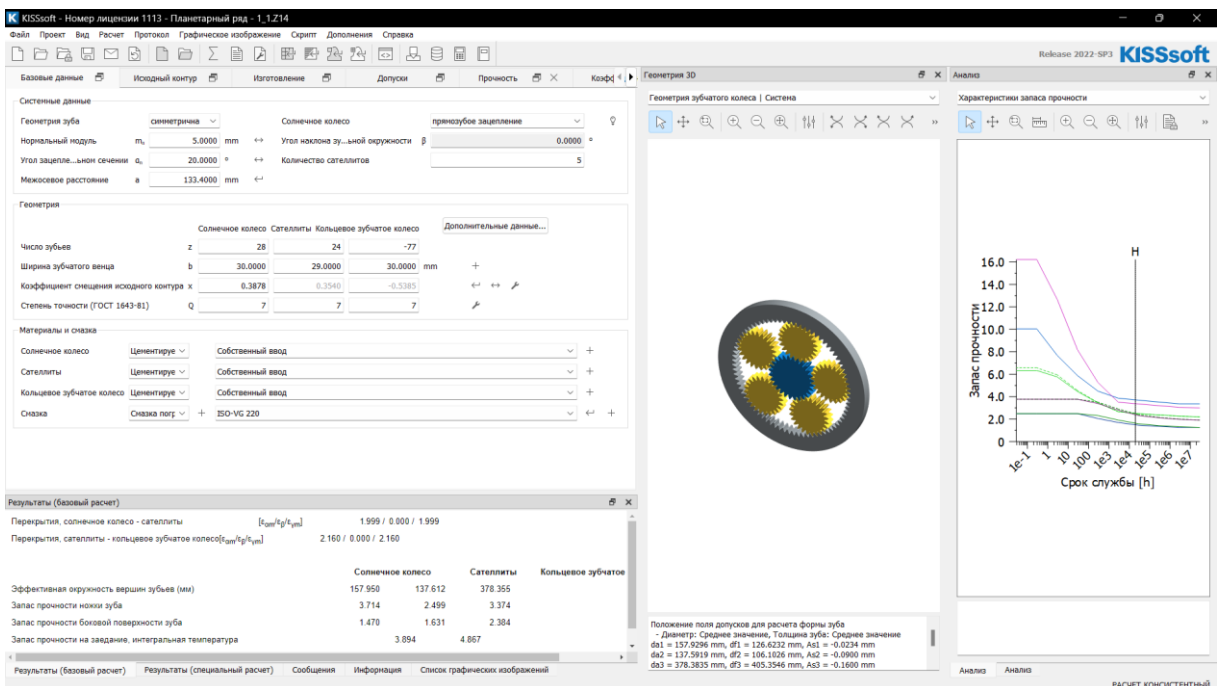


Рисунок 2 а) и б) - Расчет геометрии первой ступени механизма и срока службы

Предварительно был проведен анализ кинематики указанного привода, на основании которого получены данные для расчёта каждой из ступеней

механизма. На основании этих теоретических данных в KISSsoft можно рассчитать необходимые элементы (рис. 2 а и б).

Полученные модели были экспортированы для использования в конечной сборке курсового проектирования (рисунок 3).

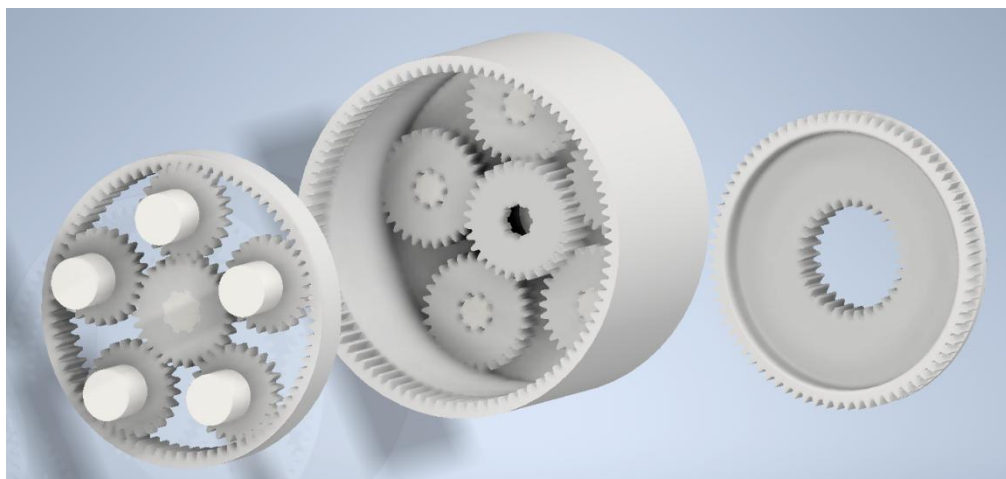


Рисунок 3 - Эскиз сборки с экспортированными системами

Заключение

Благодаря использованию программного продукта удалось значительно сократить время на проектирование передачи и подбора оптимальных геометрических параметров, были экспортированы модели деталей зацепления, проведены проверки на жесткость и прочность, контактный анализ, а также получено наглядное изображение напряжений, возникающих в зацеплении (рисунок 4).

KISSsoft – отличный программный продукт, который обеспечивает инженера-конструктора исчерпывающей информацией по проектируемому объекту, поддерживает все международные стандарты, предоставляет автоматические отчёты по любому проводимому исследованию и позволяет получить точные модели спроектированных деталей с необходимыми геометрическими параметрами, без необходимости твердотельного моделирования. Данное ПО без сомнений является отличным продуктом для освоения современному инженеру.

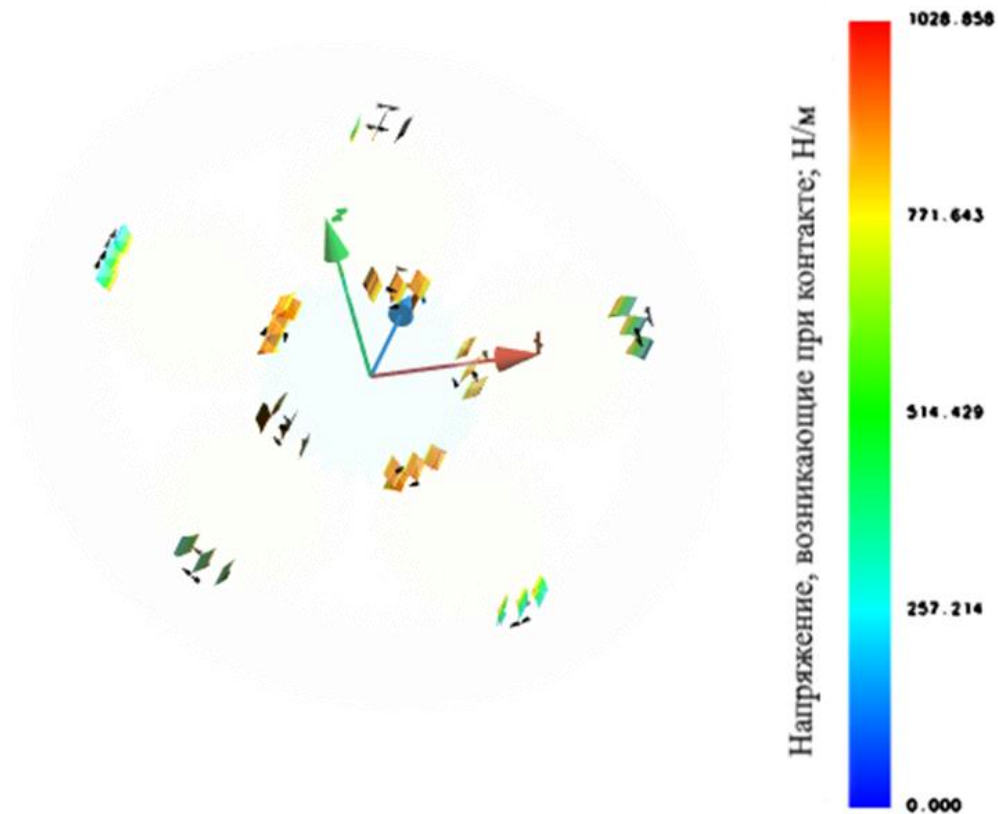


Рисунок 4 - Контактный анализ системы

Литература

1. Детали машин: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей: в 3 ч. / А. Т. Скойбеда [и др.]; под общ. ред. А. Т. Скойбеды. – Минск: БНТУ, 2019. – Ч. 1: Механические передачи. – 215 с.
2. Нестеренко, Е. С. Основы систем автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]: электрон. конспект лекций / Е. С. Нестеренко; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) - Электрон. текстовые и граф. дан. (0,31 Мбайт). - Самара, 2013
3. Дудкина И. М. Системы автоматизированного проектирования. Учебное пособие. Ростов-на-Дону. Ростовский государственный университет путей сообщения, 2007 – 135 с.
4. Дунаев П.Ф. Леликов О.П. Детали машин: Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. техникумов. – М.: Высшая школа, 1990 г.

5. Чернавский С.А. и др. Курсовое проектирование деталей машин/ С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. – 2-е изд., – М.: Машиностроение, 1988г.

6. Применение систем автоматизированного проектирования для расчётов деталей машин. Часть 1. Исследование напряжённо-деформированного состояния деталей машин: Учебно-методическое пособие / ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал); Новомосковск, 2012.- 56 с.

7. Применение программного обеспечения KISSsoft для производства зубчатых колес [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://fea.ru/news/7842>

Эволюция редукторов

Студенты гр. 10305221 Злочевский А.Д., Махнач М.Г.

Научный руководитель – доцент Швец И.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

История редуктора начинается с древнейших времен. Уже в древности люди понимали важность создания механизмов, которые могли бы изменять скорость или момент вращения в различных технических процессах. С течением времени, с развитием науки и технологии, редукторы стали играть важную роль в различных областях, таких как земледелие, текстильная промышленность, станкостроение и многие другие.

Античное время было периодом значительного развития научных и технических знаний, которые привели к созданию множества удивительных устройств, механизмов и машин. Здесь ключевыми моментами развития были:

1. Работы Герона Александрийского (1 век н.э.) был известным ученым и инженером Древней Греции. Редуктор созданный Героном был механическим устройством, состоящим из двух колес, разного диаметра. Большое колесо было приведено в движение, а малое колесо с небольшими зубьями подвешено к оси большого колеса и вращалось в противоположном направлении. При вращении большого колеса, малое колесо начинало вращаться со скоростью, которая была меньше, чем скорость большого колеса. Это позволяло получить нужную скорость или момент вращения для конкретной задачи.