

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 22.01.2021 16:00:43
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г.Локтионова
2015.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПЛАНЕТАРНЫХ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ MICROSOFT EXCEL

Методические указания к выполнению
курсовой и самостоятельной работы
по дисциплинам «Техническая механика»,
«Прикладная механика» и «Теория механизмов и машин»

Курск 2015

УДК 621

Составитель Е.Н. Политов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники *В.Я. Мищенко*

Геометрический синтез планетарных зубчатых механизмов с применением программы Microsoft Excel: методические указания к выполнению курсовой и самостоятельной работы по дисциплинам «Техническая механика», «Прикладная механика» и «Теория механизмов и машин»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.Н. Политов. Курск, 2015. 14 с. Библиогр.: с. 14.

Содержат сведения по вопросам расчёта и проектирования планетарных зубчатых механизмов. Приведено описание расчётной программы с использованием офисного приложения Microsoft Excel.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением (УМО).

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению «Мехатроника и робототехника», а также других направлений, изучающих техническую и прикладную механику и теорию механизмов и машин всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 30 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание

1. Основные сведения о проектировании.....	4
планетарных механизмов	4
2. Описание программы.....	8
3. Расчёт планетарного редуктора	9
3.1 Подготовка к работе.....	9
3.2. Работа с программой.....	11
Рекомендуемая литература	14

1. Основные сведения о проектировании планетарных механизмов

Планетарной зубчатой передачей называют механизм для передачи и преобразования вращательного движения, содержащий зубчатые колеса с перемещающейся в пространстве осью вращения хотя бы одного из них. Основными звеньями планетарной зубчатой передачи являются (рис.1): зубчатые колеса: солнечное - 1, сателлиты – 2, корончатое – 3, а также водило H - звено, в котором установлены оси сателлитов. Ось O_H вращения водила H , совпадающая с осью O_1 центральных колес, является основной осью механизма.

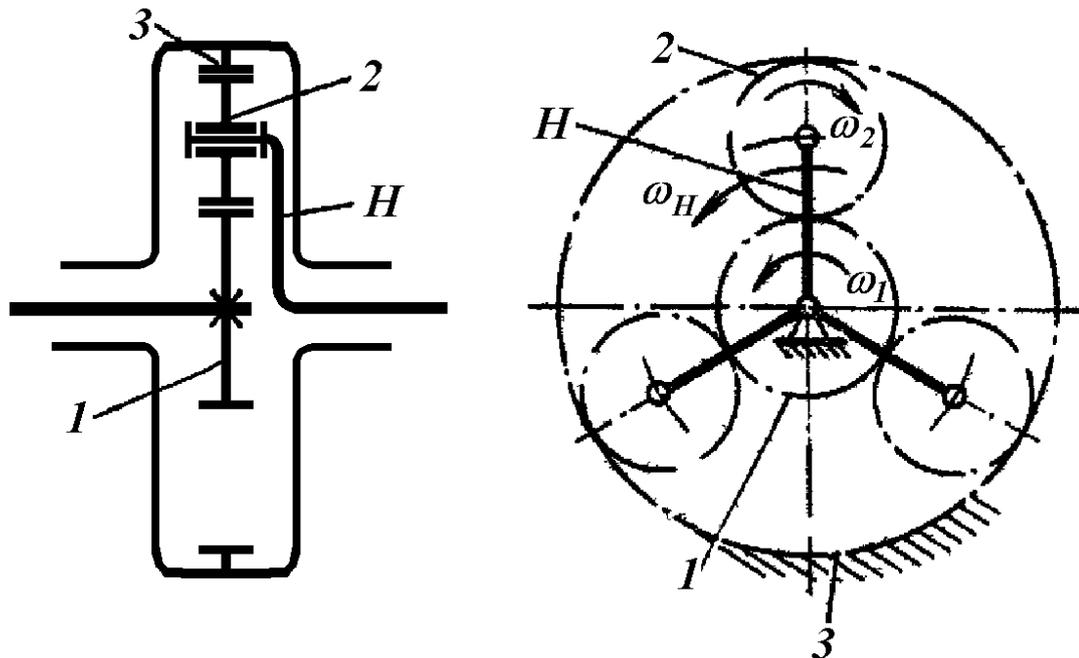


Рис.1 Типовая схема планетарного механизма

При вращении солнечного колеса 1 сателлиты 2 будут обкатываться по нему и по корончатому колесу 3, совершая плоское движение. Перемещение осей сателлитов 2 приводит к вращению водила H , которое является выходным звеном данного зубчатого механизма.

Планетарные механизмы обладают ценными свойствами: они имеют меньшие радиальные габариты и массу, работают с меньшим шумом, чем соответствующие зубчатые передачи с неподвижными осями; удобны в сборке и надежны в работе. Основным преимуществом планетарных передач является возможность осуществлять большие передаточные отношения при сравнительно небольших га-

баритах и высоком к.п.д. Поэтому они получили весьма широкое распространение, найдя применение в приводах транспортных машин, станков, в металлургическом и текстильном оборудовании, в гусеничных машинах, автомобилях, в авиации, в приводах многих машинных агрегатов и в разнообразных приборах. Однако надо иметь в виду, что планетарные механизмы имеют более сложную конструкцию, требуют повышенной точности изготовления.

При степени подвижности планетарного механизма $W=1$ он называется собственно планетарным, а при $W \geq 2$ - дифференциальным. Степень подвижности механизма, изображенного на рис.1, равна $W=3 \cdot 5 - 2 \cdot 4 - 6 = 1$.

Простейшие кинематические схемы планетарных передач показаны на рис.2 и рис.3.

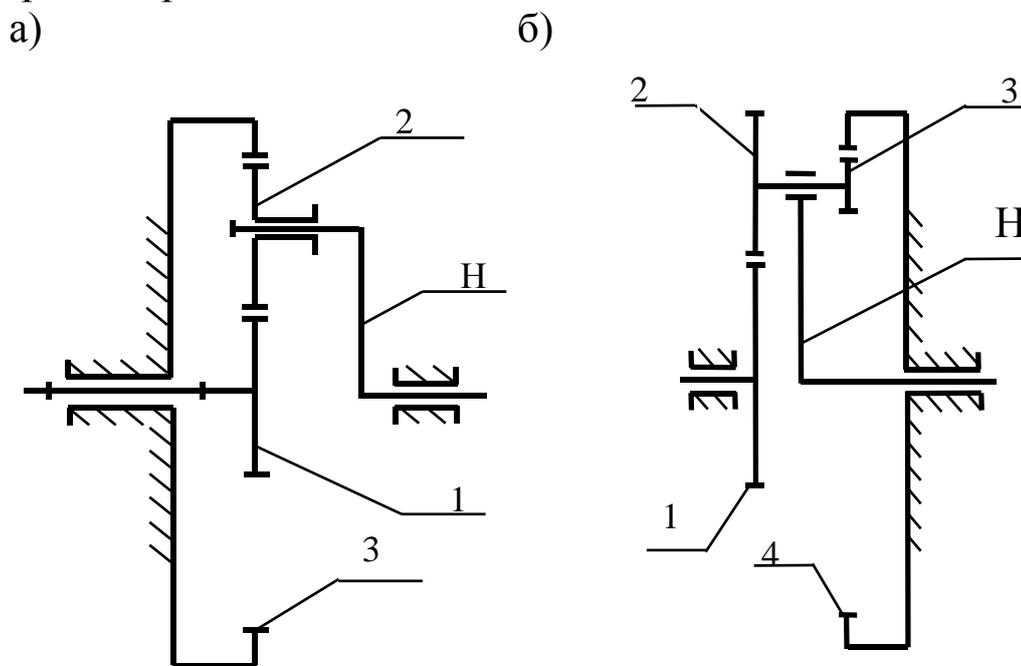


Рис. 2. Схемы планетарных зубчатых передач:

а) редуктор Джемса; б) редуктор со сдвоенными сателлитами

В расчётно-графических работах и курсовом проектировании по технической механике и теории механизмов и машин решаются задачи определения чисел зубьев колес планетарных зубчатых передач по заданному передаточному отношению $U_{пл}$. В зависимости от величины $U_{пл}$ сначала выбирается одна из схем, показанных на рис.2 или рис.3 с учётом рекомендаций [1]. При этом должны быть обеспечены минимальные радиальные размеры колес передачи и задан-

ное передаточное отношение с достаточной точностью $U_{nl} \pm 3 \%$, а также условия работоспособности и сборки.

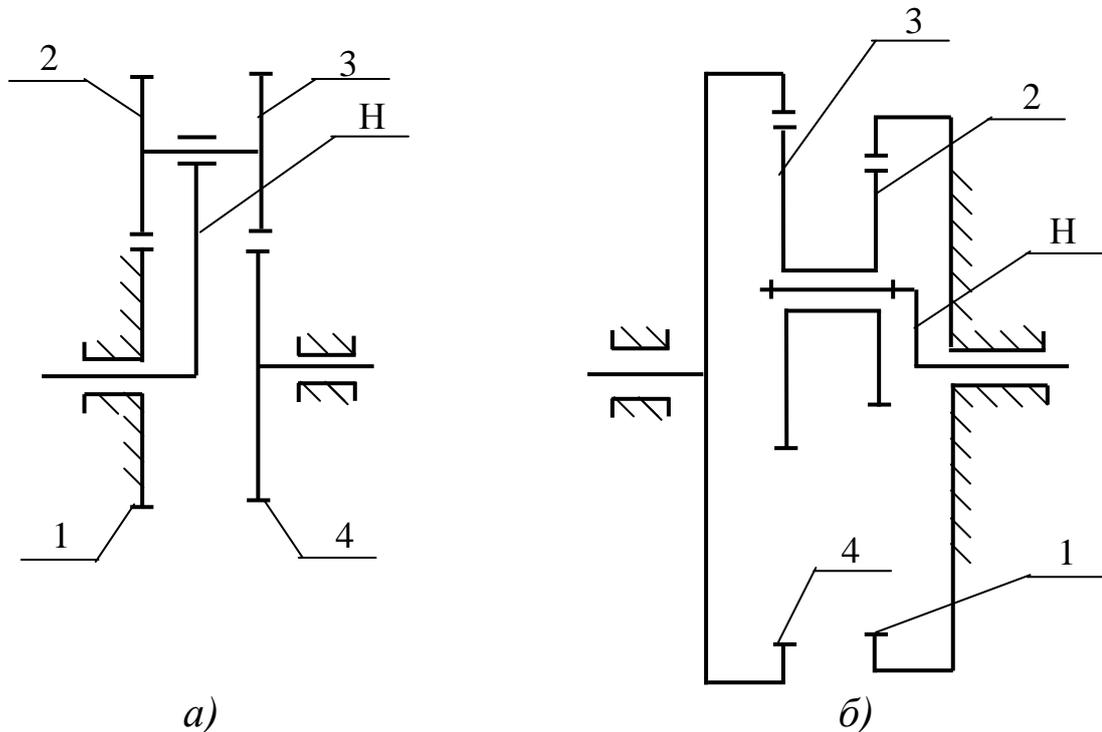


Рис. 3. Схемы планетарных зубчатых механизмов:

а) редуктор Давида; б) редуктор со сдвоенными сателлитами и двумя внутренними зацеплениями

Следовательно, для возможности правильного назначения чисел зубьев всех колес планетарной передачи и обеспечения требуемого передаточного отношения необходимо иметь выражение для определения передаточного отношения U_{nl} для каждой выбранной схемы.

Исходными данными являются передаточное отношение планетарной передачи и модуль. Передаточное отношение U_{nl} либо задается, либо вычисляется по формуле:

$$U_{nl} = \frac{n_{дв}}{N \cdot U_p}, \quad (1)$$

где $n_{дв}$ - число об/мин вала электродвигателя проектируемой или исследуемой машины;

N - число об/мин главного вала машины, равное числу рабочих ходов в минуту исполнительного звена машины;

U_p - передаточное число рядовой ступени.

Проектирование планетарной передачи выполняется в следующей последовательности [1]:

1. По величине передаточного отношения $U_{ПЛ}$ выбирается схема планетарного редуктора (рис.2 или рис.3).

2. Для выбранной схемы механизма определяются числа зубьев всех колес с учетом обеспечения условий соосности, соседства сателлитов и сборки.

3. Найденные числа зубьев подставляются в формулу для определения передаточного отношения, и вычисляется фактическая величина $U_{ПЛ}$. Расхождение с заданной величиной не должно превышать $\pm 3\%$.

4. Определяются делительные диаметры колес передачи $d=mz$ из расчета, что все колеса имеют одинаковый модуль m и нарезаны без смещения.

Процесс проектирования может быть легко автоматизирован, в том числе с помощью современных компьютерных расчётных программ.

Одним из примеров использования ЭВМ для решения прикладной задачи геометрического синтеза является применение офисной программы для работы с электронными таблицами Microsoft Excel.

2. Описание программы

С целью облегчения и автоматизации проектирования планетарных механизмов разработана расчётная программа на базе пакета Microsoft Excel 2013 с применением языка Visual Basic. Данный программный продукт позволяет осуществлять достаточно сложные математические расчёты, создавать ссылки на различные ячейки и формулы и создавать различные алгоритмы расчёта.

Программа представляет собой электронную таблицу, в разные ячейки которой заносятся или рассчитываются по введенным ранее формулам числовые данные. Данные могут быть также текстовыми, в таком случае они используются как комментарии и пояснения к расчётам.

Данный программный продукт имеет удобный и понятный пользовательский интерфейс, расчётные формулы структурированы в порядке соответствующем принципам проектирования и автоматически пересчитываются при изменении входных данных.

Программа, по сути, представляет собой готовый электронный документ, готовый для формирования отчета по расчётно-графической работе или раздела расчётно-пояснительной записки.

Интерфейс программы аналогичен другим приложениям, входящим в состав Microsoft Office и не вызывает особых проблем в работе.

3. Расчёт планетарного редуктора

3.1 Подготовка к работе

Данная электронная таблица написана с использованием макросов. Макрос — это последовательность команд и функций, хранящаяся в модуле Visual Basic. Ее можно выполнять всякий раз, когда необходимо выполнить данную задачу [3, 4]. Если требуется периодическое выполнение задачи в Microsoft Excel, можно автоматизировать задачу с помощью макроса. Microsoft Excel обеспечивает защиту от вирусов, которые могут передаваться макросами. Если макросы используются совместно с другими пользователями, макросы могут быть снабжены цифровой подписью, так что пользователи могут проверить надежность источника макросов. Всякий раз при открытии книги, содержащей макросы, можно проверить источник макросов, прежде чем разрешить их выполнение.

Если на компьютере установлено антивирусное программное обеспечение, работающее с Microsoft Office, то при любых настройках безопасности файлы, содержащие макросы, перед открытием проверяются на наличие известных вирусов.

Приложение Microsoft Excel предусматривает три уровня безопасности: высокий, средний и низкий. Высокий уровень предполагает запрет на выполнение макросов, при среднем уровне пользователю предлагается выбор: разрешить или запретить выполнение макросов. Если выбран низкий уровень безопасности, то выполнение макросов автоматически разрешается. Низкий уровень безопасности следует использовать только при наличии уверенности в надежности источников всех макросов в файлах.

Перед началом работы с программой необходимо запустить офис-приложение Microsoft Excel и изменить уровень безопасности на низкий. Для этого необходимо войти в меню «Сервис» и выбрать подменю «Макрос» - «Безопасность» (рис. 4). Далее в открывшемся окне необходимо выбрать низкий уровень безопасности, поставив флажок в соответствующем месте (рис. 5).

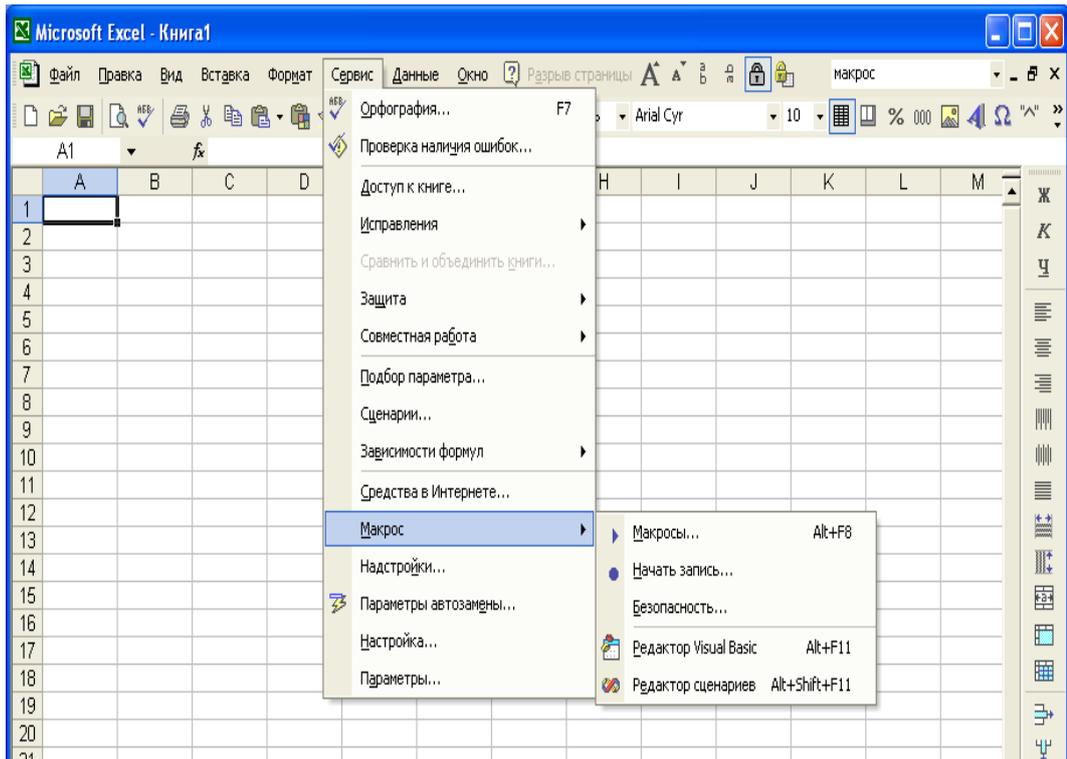


Рис. 4. Общий вид электронной таблицы Excel: меню «Сервис»

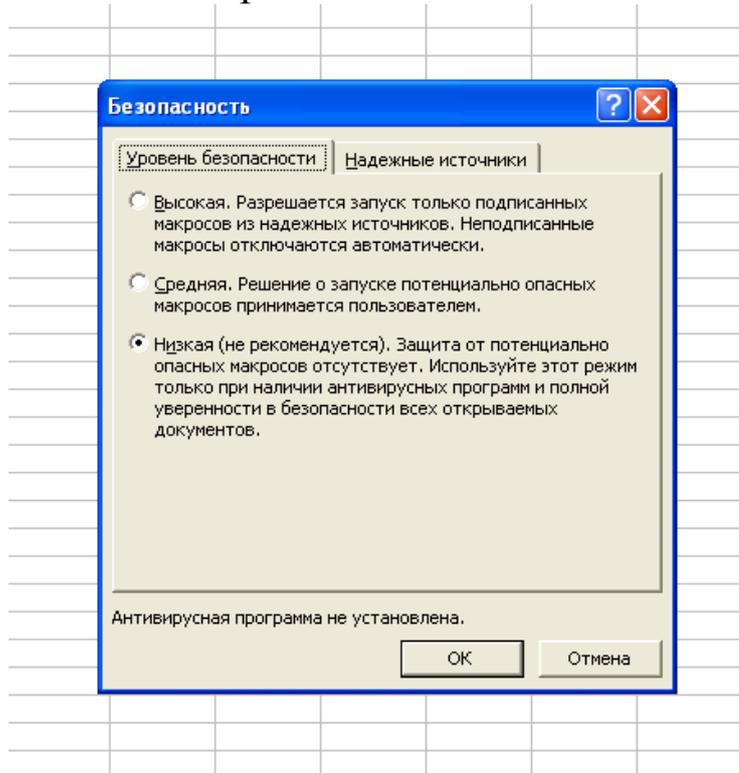


Рис. 5. Окно выбора уровня безопасности

3.2. Работа с программой

На рабочем столе компьютера расположен ярлык xls-документа «Синтез планетарных механизмов».

Необходимо открыть программу, щёлкнув мышкой по этому ярлыку.

Документ представляет собой электронную таблицу, выполненную на 5 листах.

Общий вид документа приведен на рис. 6.

	A	B	C	D	E	F	Г	I	J	K	
1	Пояснения к работе с программой. В ячейки зеленого цвета необходимо вводить данные условия или по своему усмотрению. Ячейки желтого цвета - расчётные данные, их изменять нельзя.										
2	СИНТЕЗ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ										
3											
4	Определим передаточное отношение планетарного редуктора Упл										
5											
6	частота вращения двигателя	пдвиг, об/мин				6000					
7											
8	число рабочих ходов в минуту	N				301					
9											
10	передаточное отношение рядовой ступени	Уряд				1					
11											
12	Тогда:	Упл = пдвиг/(N*Уряд)			Упл=	19,93					
13											
14	Количество ступеней	Nст =			1						
15	Тогда передаточное отношение одной ступени Уст = Упл^(1/Nст)								Уст =	19,93	
16	Расчётная схема передачи выбирается в зависимости от передаточного отношения Упл										
17											
18	Перейти к расчёту редуктора с двумя внешними зацеплениями (редуктор Давида)										
19											
20											
21											

Рис. 6. Общий вид документа

Переход между листами документа осуществляется путем нажатия соответствующей кнопки на панели внизу.

Работа с документом начинается с листа «Выбор редуктора» (он выделен розовым цветом).

В ячейки, выделенные зелёным цветом, необходимо занести числовые данные. Это либо данные условия (частота вращения, число ходов в минуту и т.п.), либо данные, которые пользователь выбирает самостоятельно, ориентируясь на литературные источники [1, 2] или на подсказки программы. В случаях, когда вводимый параметр выходит за пределы допускаемых значений, программа автоматически исправляет это значение до ближайшего требуемого значения.

Ячейки жёлтого цвета защищены от изменений, их исправлять нельзя. В этих ячейках записаны формулы, по которым осуществляются расчёты, с привязкой к конкретным ячейкам. Соответственно изменение данных желтых ячеек может привести к нарушению работы программы.

Пользователь заносит исходные данные в соответствующие ячейки листа «Выбор редуктора». Весь расчёт автоматизирован. Программный продукт рассчитывает передаточное отношение, которое необходимо обеспечить при синтезировании планетарного механизма и предлагает провести расчёт одной из четырех схем редукторов.

В соответствующей ячейке выдается сообщение о величине передаточного отношения и типе редуктора, дальнейший расчёт которого необходимо произвести. Для этого необходимо нажать кнопку с этим сообщением. После этого, программа автоматически откроет лист для расчёта выбранного типа редуктора (рис. 7)

Если введенные данные приводят к невозможности однозначного выбора схемы (передаточное отношение слишком мало для планетарных механизмов или слишком велико для одной ступени) то выдается соответствующее сообщение.

Например, передаточное отношение равно 1. Программа выдаст сообщение следующего вида (рис. 8).

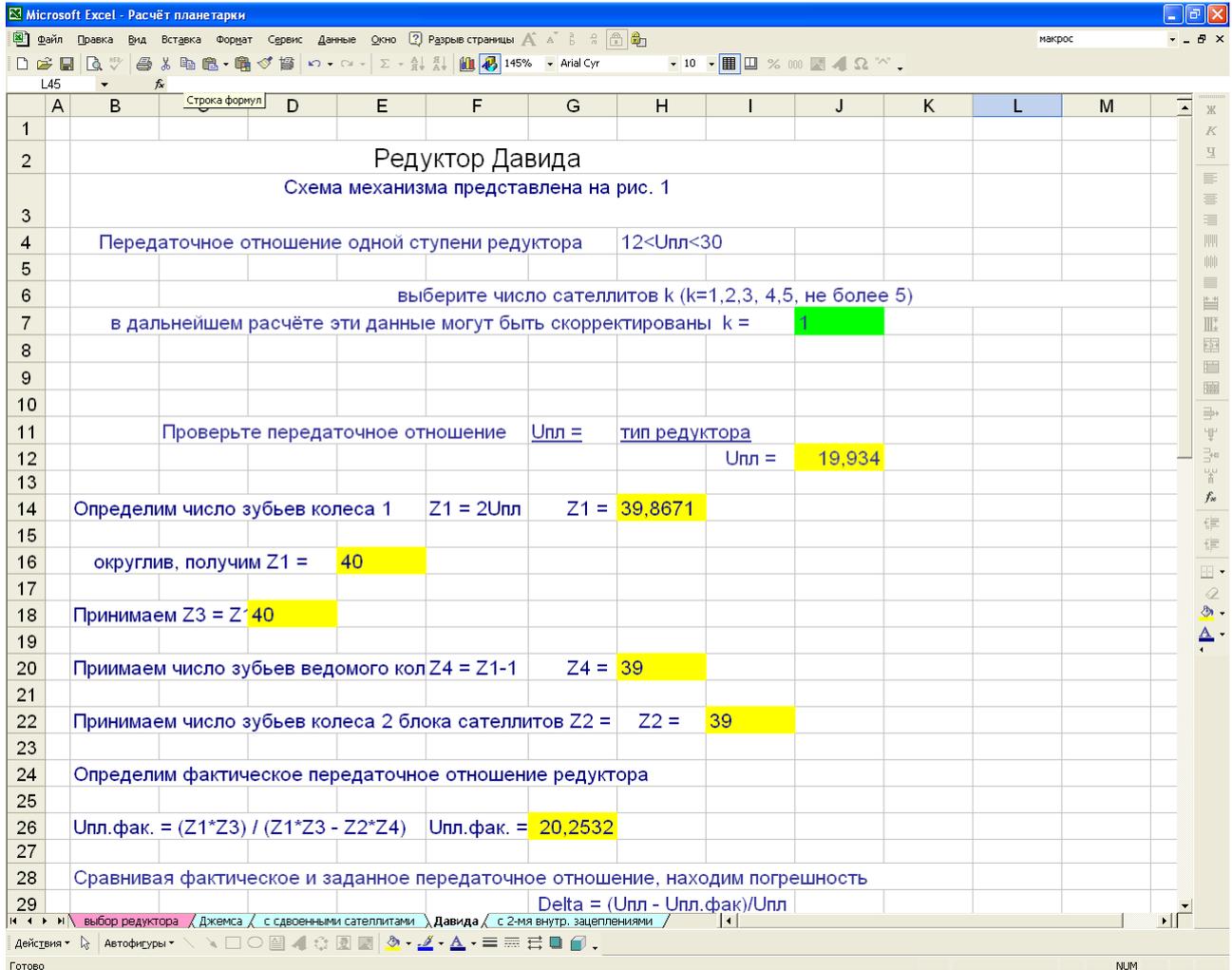


Рис. 7. Окно расчёта схемы редуктора

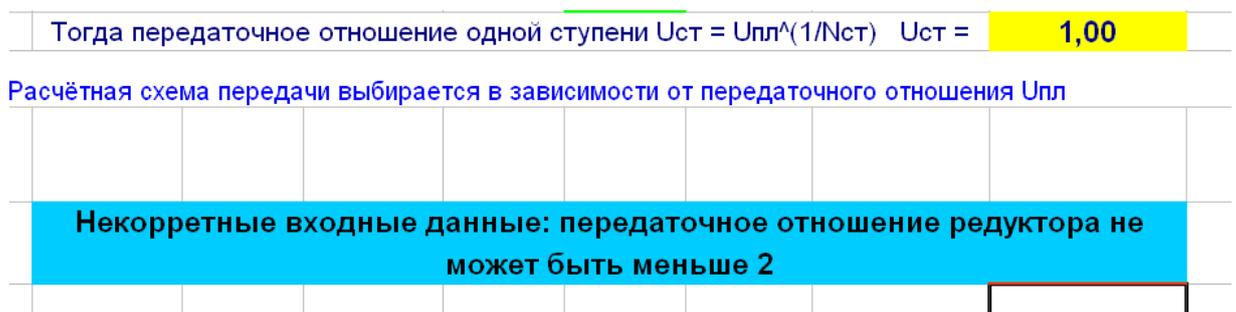


Рис. 8. Сообщение об ошибке

Следует отметить, что в случаях, когда реализовать требуемое передаточное отношение одноступенчатой планетарной передачей не представляется возможным, применяют многоступенчатые редукторы. Число ступеней механизма задается в соответствующей ячейке.

Синтез механизма по конкретной выбранной схеме осуществляется автоматически и практически мгновенно. Пользователю необходимо только осуществлять контроль над вычислениями в ячейках с целью подготовки отчета, а также вводить некоторые данные, например, количество сателлитов, модуль зубчатых колес и т.п.

Рекомендуемая литература

1. Проектирование планетарных зубчатых механизмов. Методические рекомендации к курсовому проектированию по теории механизмов и машин/ Курск. гос. техн. ун-т; Сост. Б.В.Лушников. Курск 2000. 22с.

2. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин [Текст]: Методические указания к выполнению курсовой работы / сост.: С.Ф. Яцун, Б.В.Лушников, В.Я. Мищенко; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2006. 75 с

3. Рудикова Л. Microsoft Excel для студента/ СПб: «Издательство "ВНУ-Санкт-Петербург" · 2004 г. · 368 с.

4. Ларсен Р.У. Инженерные расчеты в Excel, М.: издательство "Вильямс" · 2002 г. · 544 с.

