

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

**СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ  
ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению контрольных работ  
для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-  
технологическое обеспечение машиностроительных  
производств» (профиль «Металлообрабатывающие  
станки и комплексы»)  
заочной формы обучения

Воронеж 2022

УДК 621.681.3(07)  
ББК 30.32.97я7

**Составитель** канд. техн. наук А. В. Демидов

**Системы компьютерной поддержки инженерных решений:** методические указания к выполнению контрольных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы») заочной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. В. Демидов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 17 с.

Методические указания направлены на изучение вопросов автоматизированного проектирования и конструирования механических систем, теоретические зависимости и алгоритмы, правила разработки рабочей документации на ЭВМ.

Предназначены для выполнения контрольных работ по дисциплине «Системы компьютерной поддержки инженерных решений» для студентов 3 курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ СКПИР КР.2022.pdf.

Ил. 12. Табл. 5. Библиогр.: 5 назв.

**УДК 621.681.3(07)**  
**ББК 30.32.97я7**

**Рецензент** – М. И. Попова, канд. техн. наук, доц. кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Под термином «Системы компьютерной поддержки инженерных решений» понимается совокупность исследований, предназначенных для проверки работоспособности, определенных эксплуатационных характеристик проектируемых изделий, а также существующих конструкций, оборудования при заданных условиях.

Инженерный компьютерный анализ в процессе создания нового изделия позволяет спрогнозировать поведение системы и с минимальными затратами времени сопоставить ряд различных альтернативных конструкторских решений. В результате снижается объем экспериментальной отработки и доводки изделия, повышается его качество, а сам процесс проектирования ускоряется и удешевляется.

С каждым годом роль систем компьютерной поддержки инженерных решений при разработке новых изделий растет и, в конечном счете, они должны стать неотъемлемой и органичной частью любого процесса проектирования. Это предполагает тесную взаимосвязь между модулями геометрического моделирования и инженерного анализа компьютерных систем проектирования с тем, чтобы выполнение соответствующих расчетов и моделирования стало для рядового проектировщика таким же обычным и рутинным делом, как создание трехмерной модели или выпуск чертежей.

Роль компьютерной поддержки инженерных решений при принятии проектных решений постепенно меняется. На смену существующей практике, когда инженерный анализ в лучшем случае используется лишь для проверки уже детально разработанного проекта (с проработанной геометрией и трехмерной моделью), приходят системы, в которых предварительный расчетный анализ и моделирование позволяют найти оптимальные проектные (в том числе геометрические) решения.

## Варианты контрольных заданий

Номер варианта контрольной работы соответствует порядковому номеру студента в списке группы (рис. 1-5, табл. 1-5).

### Задание 1

Спроектировать привод горизонтально строгального станка.

Таблица 1

Исходные данные	Единица измерения	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
Угловая скорость вала исполнительного механизма	рад/с	24	26	27	18	12
Вращающий момент вала исполнительного механизма	Н·м	1700	1900	1150	1300	1200
Срок службы (ресурс)	час	9000	10000	12800	13300	11000
Режим работы	-	двухсменный			односменный	
Характер нагрузки	-	ударный			спокойный	
Вид нагрузки	-	нереверсивный		нереверсивный		

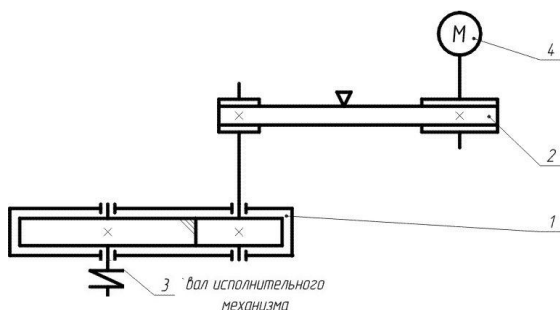


Рис. 1. Кинематическая схема привода:

- 1 – редуктор цилиндрический; 2 – передача клиноременная;  
3 – муфта компенсирующая; 4 – двигатель

## Задание 2

Спроектировать привод главного движения вертикально сверлильного станка.

Таблица 2

Исходные данные	Единица измерения	Номер варианта				
		6	7	8	9	10
Угловая скорость вала исполнительного механизма	рад/с	21	22	14	24	16
Вращающий момент вала исполнительного механизма	Н·м	1280	1700	1670	1600	1280
Срок службы (ресурс)	час	12500			16000	
Режим работы	-	односменный		двухсменный		
Характер нагрузки	-	спокойный				
Вид нагрузки	-	реверсивный		нереверсивный		

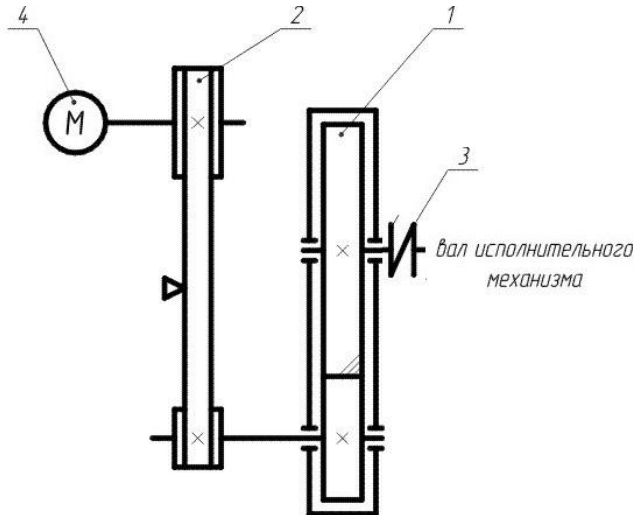


Рис. 2. Кинематическая схема привода:

1 – редуктор цилиндрический; 2 – передача клиноременная;  
3 – муфта; 4 – двигатель

### Задание 3

Спроектировать привод главного движения токарного станка с ЧПУ.

Таблица 3

Исходные данные	Единица измерения	Номер варианта				
		11	12	13	14	15
Угловая скорость вала исполнительного механизма	рад/с	11	22	21	19	15
Вращающий момент вала исполнительного механизма	Н·м	1900	2000	1700	1800	1930
Срок службы (ресурс)	час	12500		13800	14900	15000
Режим работы	-	трехсменный			двухсменный	
Характер нагрузки	-	равномерный			переменный	
Вид нагрузки	-	реверсивный		нереверсивный		

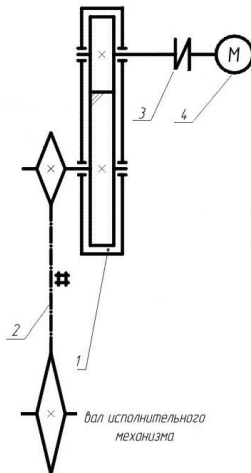


Рис. 3. Кинематическая схема привода:  
 1 – редуктор цилиндрический; 2 – передача цепная;  
 3 – муфта упругая; 4 – двигатель

## Задание 4

Спроектировать привод главного движения вертикально-фрезерного станка.

Таблица 4

Исходные данные	Единица измерения	Номер варианта				
		16	17	18	19	20
Угловая скорость вала исполнительного механизма	рад/с	18	22	16	24	20
Вращающий момент вала исполнительного механизма	Н·м	1020	1030	1080	1320	1370
Срок службы (ресурс)	час	14200	14800	15300		
Режим работы	-	односменный			трехсменный	
Характер нагрузки	-	ударный		спокойный		
Вид нагрузки	-	нереверсивный			реверсивный	

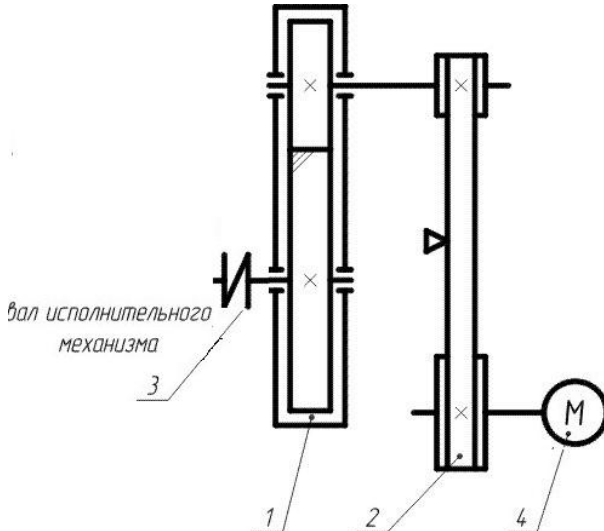


Рис. 4. Кинематическая схема привода:

- 1 – редуктор цилиндрический; 2 – передача клиноременная;  
3 – муфта; 4 – двигатель

## Задание 5

Спроектировать привод кругло-шлифовального станка.

Таблица 5

Исходные данные	Единица измерения	Номер варианта				
		11	22	23	24	25
Угловая скорость вала исполнительного механизма	рад/с	18	14	22	27	12
Вращающий момент вала исполнительного механизма	Н·м	550	1200	1340	600	650
Срок службы (ресурс)	час	13700	14600	15300		12200
Режим работы	-	трехсменный			двухсменный	
Характер нагрузки	-	ударный			резко неравномерный	
Вид нагрузки	-	реверсивный			нереверсивный	

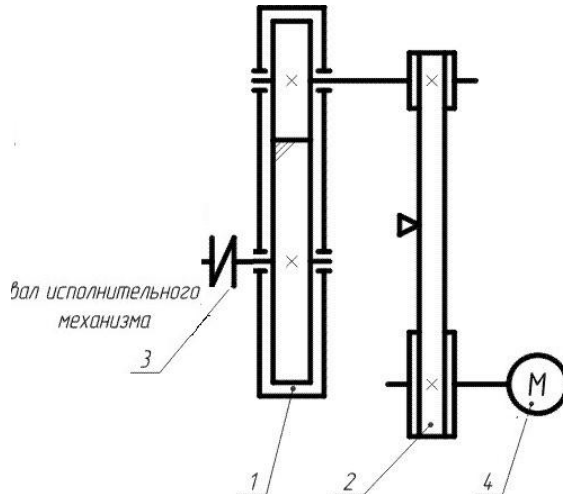


Рис. 5. Кинематическая схема привода:

- 1 – редуктор цилиндрический; 2 – передача клиноременная;  
3 – муфта; 4 – двигатель



## **Тематика контрольной работы «Автоматизированный расчет механического привода»**

Для выполнения всего объема контрольной работы необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить кинематический расчет привода.
2. Выполнить силовой расчет привода.
3. Выполнить расчет передачи с гибкой связью.
4. Выполнить предварительный расчет зубчатой передачи.
5. Выполнить предварительный расчет валов
6. Выполнить предварительный выбор подшипников качения.

### **Теоретические сведения**

Совокупность передач от двигателей, обеспечивающих движение исполнительных органов, называют механическим приводом. В механических приводах источником движения является асинхронный электродвигатель, а тип привода определяется видом передач к исполнительному органу. Механический привод состоит из электродвигателя, передачи с гибкой связью (ремённой или цепной) и редуктора.

Редуктор предназначен для уменьшения частоты вращения и увеличения вращающегося момента. Механизм, совершающий обратное преобразование, называют мультипликатором.

В корпусе редуктора размещены зубчатые (цилиндрические, конические, волновые) или червячные передачи, неподвижно закрепленные на валах. Валы опираются на установленные в корпус подшипники.

Тип редуктора определяется составом передач, порядком их размещения в направлении от быстроходного вала к тихоходному и положением осей зубчатых колес в простран-

стве. Наиболее распространены редуктора с валами, расположенными в горизонтальной плоскости, но могут быть выполнены и вертикальные редуктора.

Основной характеристикой редуктора является передаточное число  $U_p$  и номинальный момент на тихоходном валу  $M_{ном}$ .

### **Порядок выполнения контрольной работы**

Контрольная работа выполняется в прикладной библиотеке Редуктор-2D, которая предназначена для проектного расчета приводов машин, состоящих из двигателя, муфты, передачи гибкой связью и одноступенчатого редуктора, и построения в КОМПАС-График чертежа общего вида редуктора, который входит в рассчитанный привод. Программа позволяет рассчитывать 35 различных схем приводов, которые представляют собой всевозможные комбинации передач гибкой связью (ременной, клиноременной или цепной) с одноступенчатым редуктором (цилиндрическим, коническим или червячным).

В расчетной части выполняется кинематический и силовой расчет всего привода, проектный расчет выбранной передачи гибкой связью, проектный расчет передачи зацеплением (редуктора), расчет валов и подбор подшипников. Для этого нужно запустить файл REDUCTOR.exe. Сам расчет практически полностью автоматизирован, обучающийся при необходимости может лишь подкорректировать некоторые параметры. Детальное описание, как работать с этой частью проекта, приведено в небольших справках, которые доступны в каждом расчетном разделе. Каждый раздел расчета представлен вкладкой: первая вкладка – это кинематический и силовой расчет привода, последняя – расчет валов и подшипников, промежуточные две – расчет механических передач, входящих в привод. Результирующие данные расчетов каждой предыдущей вкладки являются исходными данными для расчетов следующей, из чего следует, что вкладки отображают схему привода.

1. Выбрать кинематическую схему механического привода в соответствии со своим вариантом (рис. 6).

Выбор необходимой схемы механического привода осуществляется нажатием кнопок влево и вправо.

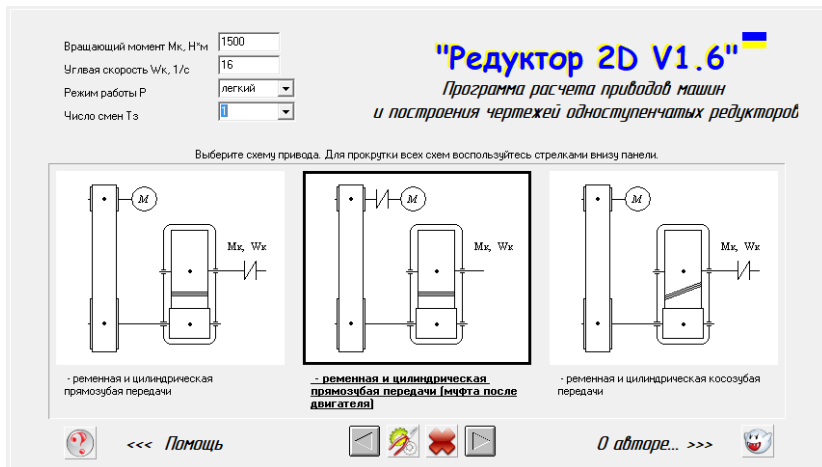


Рис. 6. Выбор кинематической схемы механического привода

2. Выбрав кинематическую схему привода необходимо ввести исходные данные в окно программы в соответствии со своим вариантом (рис. 7).

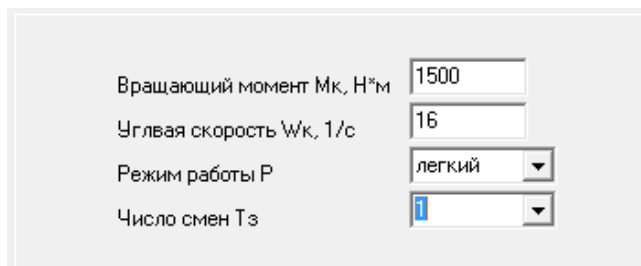


Рис. 7. Ввод исходных данных

3. Нажав на кнопку «начать расчет» откроется диалоговое окно кинематического и силового расчёта механического привода (рис. 8).

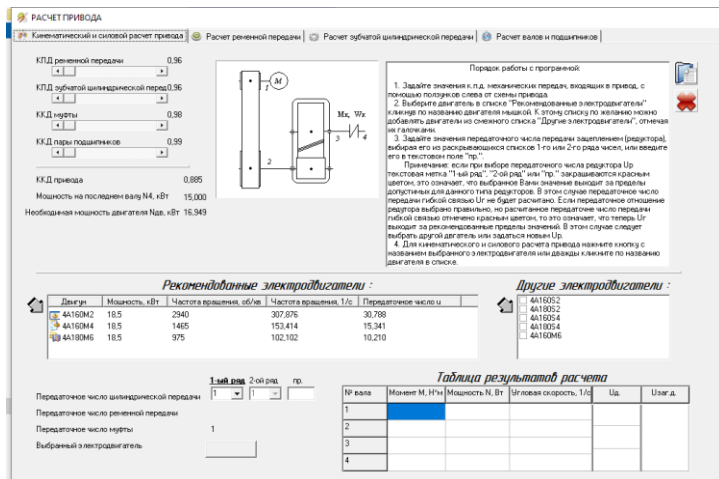


Рис. 8. Диалоговое окно расчета механического привода

Выбрав электродвигатель из списка рекомендованных и подобрав передаточные числа гибкой и зубчатой передач, необходимо нажать на кнопку выбранного двигателя, внизу диалогового окна, и программа рассчитывает кинематические и силовые параметры привода (рис. 9).

**Таблица результатов расчета**

№ вала	Момент M, Н*м	Мощность N, Вт	Угловая скорость, 1/с	Уд.	Узаг.д.
1	87	26846	308,400	1	19,275
2	85	26309	308,400	3,855	
3	316	25265	80,000	5,000	
4	1501	24012	16,000		

Рис. 9. Результаты кинематического расчета

4. В следующей вкладке выполняется расчет передачи с гибкой связью (ременной или цепной). Проконтролировать ход расчета передачи и при необходимости произвести корректировку при помощи бегунков (рис. 10).

Тип ремня	
Число пробегов ремня, 1/с	7,14
Окружное усилие, передающееся ремнем $F_t$ , Н	682
Удельная окружная сила [к], МПа	0,97
Площадь поперечного сечения ремня $A_p$ , мм кв.	703,1
Толщина ремня $d$ , мм	2,8
Ширина ремня $b$ (стандартная), мм	280
Сила натяжения ремня $F_0$ , Н	1568
Сила, действующая на вал $F$ , Н	3084
Максимальное напряжение в сечении ведущей ветки $G_{max}$ , МПа	<b>5,30</b>

Рис. 10. Результаты расчета ременной передачи

5. Затем выполняется предварительный расчёт зубчатой передачи (рис. 11).

6.

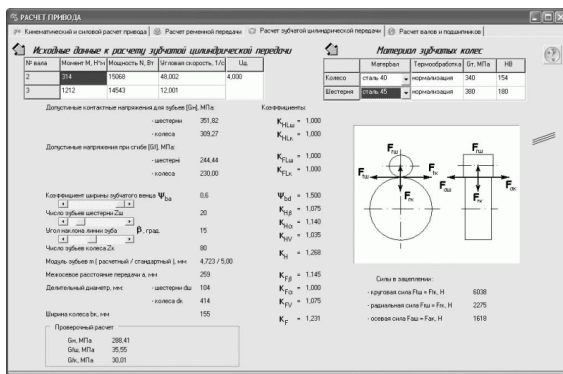


Рис. 11. Диалоговое окно для предварительного расчета зубчатой передачи

7. В последней вкладке выполнить предварительный расчет валов и выбор подшипники качения (рис. 12).

**Условный расчет валов**

Занижен напряжения кручения [Тк], МПа

Вал № 3      Вал № 4

d1 = 45 мм      d1 = 75 мм  
d2 = 50 мм      d2 = 80 мм  
d3 = 55 мм      d3 = 85 мм  
d4 = 63 мм      d4 = 90 мм  
d5 = 71 мм      d5 = 100 мм

**Расчет шпоночных соединений**

Вал	Момент М, Н*м	d, мм	l, мм	b, мм	h, мм	Gсм, МПа	[Gсм], МПа
Ведущий	316	45	56	14	9	81,74	100
Ведомый	316	63	80	18	11	32,36	100
Ведомый	1501	75	90	20	12	104,83	100
Ведомый	1501	90	110	25	14	61,67	100

**Выбор подшипников скольжения**

Тип подшипников:

Параметры выбранных подшипников

Вал	номер	d, мм	D, мм	B, мм	C, Н
Ведущий	311	55	120	29	71500
Ведомый	217	85	150	28	83200

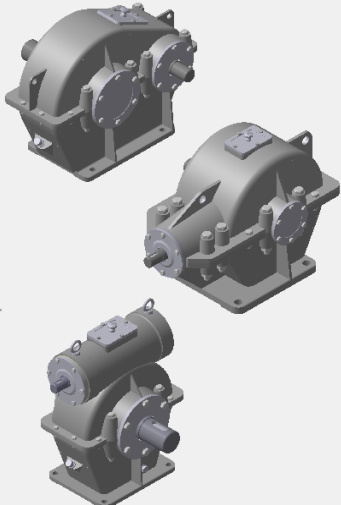


Рис. 12. Диалоговое окно для предварительного расчета валов, шпонок и подшипников

Выполнив все пункты необходимо сформировать расчетно-пояснительную записку в виде скриншотов диалоговых окон программы Редуктор-2D и сформулировать выводы по выполненной работе. Записка оформляется в соответствии с требованиями ВГТУ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нилов В.А. Детали машин и основы конструирования: расчетно-графический практикум: учеб. пособие / В.А. Нилов, Р.А. Жилин, О.К. Битюцких, А.В. Демидов. Старый Оскол. Издательств: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2019, 136 с.
2. Демидов А.В. Программное обеспечение проектирования КПО: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Демидов Воронеж: ВГТУ, 2011. – 177 с.
3. Берлинер, Э.М. САПР в машиностроении [Текст] / Э.М. Берлинер. – М.: Форум, 2014. – 448 с. – 13 экз.
4. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие для вузов [Текст] / А.А. Иванов. – М.: Форум, 2012. – 223с. – 13 экз.
5. Демидов, А.В. Основы конструирования деталей машин: учеб. пособие [Текст] / А.В. Демидов. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. – 183 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1.      Варианты контрольных заданий.....	4
2.      Тематика контрольной работы.....	9
3.      Теоретические сведения.....	9
4.      Порядок выполнения контрольной работы....	10
Библиографический список.....	15



# **СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению контрольных работ  
для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-  
технологическое обеспечение машиностроительных  
производств» (профиль «Металлообрабатывающие станки  
и комплексы») заочной формы обучения

Составитель  
Демидов Алексей Владимирович

В авторской редакции

Компьютерный набор А. В. Демидова

Подписано к изданию 16.06.2022.

Уч.-изд. л. 0,8

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84