

Д 6182

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра деталей машин
и основ инженерного проектирования

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Методические указания
к автоматизированным лабораторным работам
по дисциплине «Детали машин»
для студентов всех специальностей
очной и заочной форм обучения



Санкт-Петербург
2009

Пронин В.А., Карталис Н.И., Прилуцкий А.А. Механические передачи: Метод. указания к автоматизированным лабораторным работам по дисциплине «Детали машин» для студентов всех спец. очной и заочной форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. – 33 с.

Изложена методика выполнения работ по механическим передачам на автоматизированном стенде с использованием персональных компьютеров; приведены основные теоретические положения и расчетные зависимости, описаны особенности работы передач и принципы измерения их основных параметров; даны рекомендации по оформлению результатов работ.

Рецензент
Доктор техн. наук., проф. А.В. Цыганков

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторные работы занимают важное место при изучении дисциплины «Детали машин», т. к. при их выполнении студенты знакомятся с конструкцией и особенностями работы деталей, узлов и механизмов, получают навыки постановки и проведения экспериментальных исследований.

Настоящие методические указания содержат описание автоматизированного стенда, который содержит четыре исследуемые передачи: червячную, зубчатую цилиндрическую, зубчатую коническую и ременную.

Сознательное успешное выполнение лабораторных работ возможно только при условии предварительной подготовки к ним. Для этого необходимо изучить соответствующие разделы теоретического курса и настоящих методических указаний. Перед началом лабораторной работы преподаватель проводит проверку знаний студентов и инструктаж по технике безопасности. Неподготовленные студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Отчеты по лабораторным работам, по решению преподавателя, могут быть предоставлены как в рукописном виде, так и в виде компьютерной распечатки на принтере.

По предоставленному отчету производится опрос, имеющий целью установить степень усвоения студентами материала работы.

Особые указания по соблюдению правил техники безопасности при проведении автоматизированных лабораторных работ

1. Перед проведением лабораторных работ обслуживающий персонал должен проверить наличие заземления оборудования и приборов. **Запрещается** работать с поврежденным заземлением.
2. Перед включением испытательного оборудования дополнительно убедиться в правильности сборки, установки и закрепления лабораторных экспериментальных приспособлений и устройств.
3. Включение лабораторных установок и аппаратуры проводить только в присутствии преподавателя или учебного мастера.
4. Во время эксперимента **не допускается** нахождение рук экспериментаторов в рабочей зоне.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

Лабораторная установка представлена на рис. 1. Установка содержит электродвигатель 1, нагружающее устройство 11 и четыре исследуемых передачи: червячный редуктор 3, конический редуктор 5, цилиндрический двухступенчатый соосный мультипликатор 7 и ременная передача 9, соединенные между собой и с электродвигателем посредством торсионных валов 2, 4, 6, 8 и 10 в замкнутый контур. Все узлы привода закреплены на плите 12. Управление двигателем осуществляется кнопочной станцией, расположенной с правой стороны плиты.

От электродвигателя 1 вращение подается через торсионный вал 2 на ведущий вал червячного редуктора 3 с передаточным отношением $i_1 = 7$. Червячный редуктор 3 снижает частоту вращения от вала электродвигателя 1 в i_1 раз и через торсионный вал 4 подает вращение на ведущий вал конического редуктора 5. Конический редуктор 5 имеет передаточное отношение $i_2 = 2$, т.е. снижает частоту вращения от ведущего вала к ведомому в i_2 раз. Далее движение подается через торсионный вал 6 на ведущий вал цилиндрического двухступенчатого соосного мультипликатора с передаточным отношением $i_3 = 1/10,5$, увеличивая частоту вращения от ведущего вала к ведомому в $1/i_3$ раз. От ведомого вала цилиндрического мультипликатора вращение подается через торсионный вал 8 на больший шкив ременной передачи, имеющей передаточное отношение $i_4 = 1/1,4$. Вращение снимается с меньшего шкива ременной передачи и через торсионный вал 10 и нагружающее устройство 11 замыкается на валу электродвигателя 1.

Нагружающее устройство представляет собой дисковый тормоз, создающий тормозной момент между валом электродвигателя и торсионным валом 10, вращающимися с разными угловыми скоростями за счет соответствующего подбора передаточных отношений передач установки.

Тормоз создает нагрузку во всем контуре привода. Величина тормозного момента изменяется штурвалом тормоза. При вращении штурвала тормоза по часовой стрелке нагрузка в контуре возрастает.

На торсионных валах находятся датчики, измеряющие частоту их вращения и вращающие моменты. Сигналы датчиков поступают в память ЭВМ для обработки.

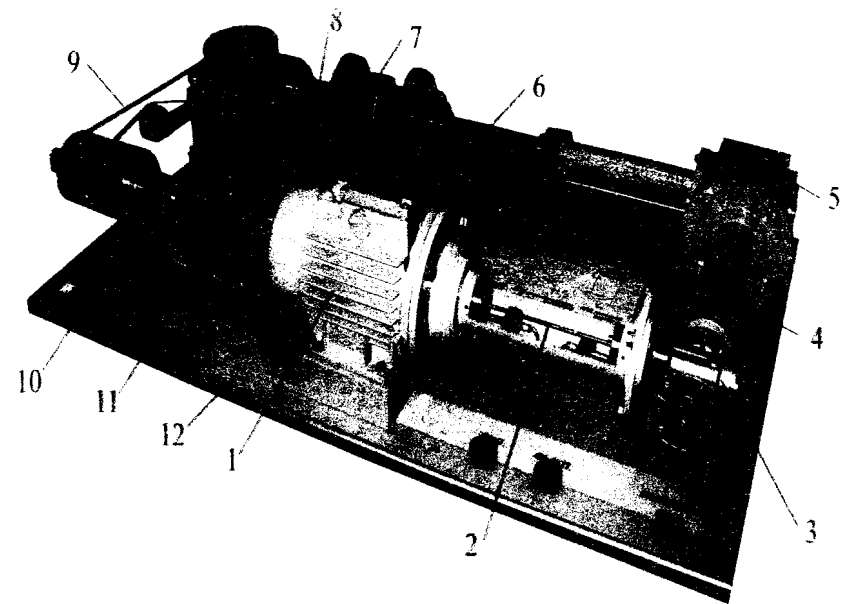


Рис 1. Лабораторная установка для исследования передач

Принципиально можно исследовать одновременно все четыре передачи, снимая показания датчиков на всех торсионных валах. В учебных целях методически оправдано последовательное исследование каждой из передач привода.

При работе установки синхронно замеряются моменты на ведущем T_1 и ведомом T_2 валах редуктора и вычисляется КПД редуктора η .

Эксперимент целесообразно проводить на прогретой установке, так как при холодном масле существенно возрастают потери на размешивание и разбрызгивание смазки, что искажает результаты эксперимента.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

Исследование влияния режимов работы привода на КПД червячного редуктора

Цель работы

Экспериментально исследовать закономерность изменения коэффициента полезного действия (КПД) редуктора при разных режимах работы привода.

В результате выполнения работы студент

должен знать:

– основные составляющие потерь мощности в редукторе, их зависимость от передаваемой нагрузки и частот вращения валов;
– устройство лабораторной установки и методику проведения исследований;

должен уметь:

– экспериментально определять и теоретически рассчитывать вращающие моменты на валах редуктора и по ним определять КПД на различных режимах нагружения;

– обоснованно выбирать режимы эксплуатации редуктора, обеспечивающие минимальные потери как в приводе, так и в редукторе.

Анализ потерь мощности в редукторе

Коэффициент полезного действия (КПД) редуктора есть отношение полезной мощности к затраченной:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2 \cdot \omega_2}{T_1 \cdot \omega_1} = \frac{T_2 \cdot n_2}{T_1 \cdot n_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot i},$$

где P_1, P_2 – мощности на ведущем (затраченная) и на ведомом (полезная) валах редуктора, Вт;

T_1, T_2 – вращающие моменты на ведущем и ведомом валах редуктора, Н·м;

ω_1, ω_2 – угловые скорости вращения ведущего и ведомого валов редуктора, рад/с;

n_1, n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов редуктора, мин⁻¹;

i – передаточное отношение исследуемого редуктора.

В свою очередь мощность потерь в редукторе, Вт:

$$P_{\psi} = P_1 - P_2 = P_1(1 - \eta) = P_1 \cdot \psi,$$

где ψ – коэффициент относительных потерь в редукторе,

$$\psi = 1 - \eta = \psi_3 + \psi_n + \psi_{\text{пм}} + \psi_{\sigma};$$

ψ_3 – коэффициент относительных потерь в зацеплении;

ψ_n – коэффициент относительных потерь в подшипниках;

$\psi_{\text{пм}}$ – коэффициент относительных потерь на перемешивание масла;

ψ_{σ} – коэффициент относительных потерь на привод вентилятора у редукторов с искусственным воздушным охлаждением.

Потери в зацеплении являются следствием чрезвычайно сложного для исследования процесса взаимодействия контактирующих поверхностей зубьев. В общем случае силы трения между зубьями зависят от шероховатости их рабочих поверхностей, режима и вида смазки, соотношения скоростей качения и скольжения в контакте и величины передаваемой полезной нагрузки.

В червячной передаче потери в зацеплении составляют основную часть потерь мощности в связи с наличием относительного скольжения витков червяка по зубьям червячного колеса.

В режиме полужидкостной смазки силы трения увеличиваются при уменьшении вязкости масла и скорости в зацеплении. При высоких скоростях за счет повышения несущей способности масляного клина между зубьями вступают в силу зависимости, характерные для гидродинамического режима смазки.

Потери на трение в зацеплении обычно принимают пропорциональными полезной нагрузке и относят к так называемым нагрузочным потерям.

Валы современных редукторов обычно устанавливают на подшипниках качения, для которых характерны малые потери на трение:

$$\psi_n = 0,005 \dots 0,010$$

Потери на перемешивание масла растут с увеличением окружной скорости, вязкости масла, ширины зубчатых колес и глубины их погружения в масляную ванну.

Коэффициент относительных потерь на привод вентилятора ψ_a существенно зависит от частоты вращения валов.

Раздельное измерение составляющих потерь мощности связано с большими трудностями. Поэтому обычно опытным путем определяют суммарные потери мощности, которые характеризуют общий КПД редуктора.

Средние значения КПД червячных передач с жидкой смазкой при разных числах заходов червяка z_1 представлены в табл. 1.

Таблица 1

КПД червячных передач с жидкой смазкой

z_1	1	2	4
i	32...63	16...32	8...16
η	0,65...0,80	0,75...0,85	0,80...0,90

При передаче неполной мощности КПД значительно ниже вследствие влияния постоянных потерь, т.е. потерь, не зависящих от передаваемой мощности.

Последовательность выполнения лабораторной работы в диалоговом режиме с элементами автоматизированной системы научных исследований (АСНИ)

Перед началом работы проводится индивидуальный автоматизированный контроль знаний. К выполнению работы допускают студентов, успешно прошедших тестирование.

Лабораторную работу выполняют в диалоговом режиме с компьютером и в режиме реального времени физического процесса.

Автоматизированный режим включает в себя следующие этапы:

1. Внесение сведений об исполнителях работы (см. рис. 8).
2. Выбор лабораторной работы «Исследование КПД червячного редуктора» (см. рис. 9).
3. Формирование исходных данных. Необходимые сведения о передаче высвечиваются на дисплее (см. рис. 12, 13).
4. Сохранение или восстановление исходных данных. Расчет выполняют на ЭВМ в автоматизированном режиме (см. рис. 11, 14).
5. Проведение эксперимента (см. рис. 11, 15 - 17) с последовательным выбором этапов работы (см. рис. 18 - 21):
 - ослабить ремень; включить электродвигатель и нажать клавишу «Enter»;
 - подготовка оборудования;
 - измерение экспериментальных данных.
6. Оформление отчета. Необходимо войти в меню по рис. 11. и выбрать команду «Отчет по лабораторной работе». Просмотреть отчет и напечатать необходимые разделы (рис. 2).

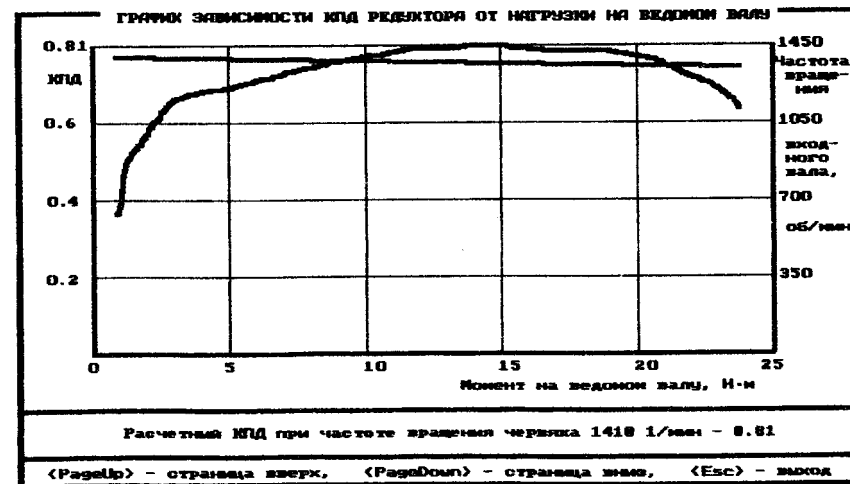


Рис. 2. Экран отчета по лабораторной работе

Из окна отчета есть возможность перехода к выполнению новой лабораторной работы или возврат на основную страницу.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите, формулы, по которым можно определить КПД редуктора.
2. Назовите основные причины потери мощности в редукторе.
3. Как изменяется КПД редуктора с увеличением числа его ступеней?
4. Как будет изменяться КПД редуктора при уменьшении нагрузки T_2 ?
5. Чему равно значение КПД редуктора при нагрузке $T_2 = 0$? Почему?

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ 2, 3

Исследование влияния режимов работы привода на КПД цилиндрического или конического редуктора

Цель работы

Экспериментально исследовать закономерность изменения коэффициента полезного действия (КПД) редуктора при разных режимах работы привода.

В результате выполнения работы студент

должен знать:

- основные составляющие потерь мощности в редукторе, их зависимость от передаваемой нагрузки и частот вращения валов;
- устройство лабораторной установки и методику проведения исследований;

должен уметь:

- экспериментально определять и теоретически рассчитывать вращающие моменты на валах редуктора и по ним определять КПД на различных режимах нагружения;
- обоснованно выбирать режимы эксплуатации редуктора, обеспечивающие минимальные потери как в приводе, так и в редукторе.

Анализ потерь мощности в редукторе

Коэффициент полезного действия (КПД) редуктора есть отношение полезной мощности к затраченной:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2 \cdot \omega_2}{T_1 \cdot \omega_1} = \frac{T_2 \cdot n_2}{T_1 \cdot n_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot i},$$

- где P_1, P_2 – мощности на ведущем (затраченная) и на ведомом (полезная) валах редуктора, Вт;
- T_1, T_2 – вращающие моменты на ведущем и ведомом валах редуктора, Н·м;
- ω_1, ω_2 – угловые скорости вращения ведущего и ведомого валов редуктора, рад/с;
- n_1, n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов редуктора, мин⁻¹;
- i – передаточное отношение исследуемого редуктора.

В свою очередь мощность потерь в редукторе, Вт:

$$P_{\psi} = P_1 - P_2 = P_1 \cdot (1 - \eta) = P_1 \cdot \psi,$$

где ψ – коэффициент относительных потерь в редукторе,

$$\psi = 1 - \eta = \psi_3 + \psi_n + \psi_{\text{пм}} + \psi_{\sigma};$$

ψ_3 – коэффициент относительных потерь в зацеплении;

ψ_n – коэффициент относительных потерь в подшипниках;

$\psi_{\text{пм}}$ – коэффициент относительных потерь на перемешивание масла;

ψ_{σ} – коэффициент относительных потерь на привод вентилятора у редукторов с искусственным воздушным охлаждением.

Потери в зацеплении являются следствием чрезвычайно сложного для исследования процесса взаимодействия контактирующих поверхностей зубьев. В общем случае силы трения между зубьями зависят от шероховатости их рабочих поверхностей, режима и вида смазки, соотношения скоростей качения и скольжения в контакте и величины передаваемой полезной нагрузки.

Для зубчатых передач, нарезанных без модификации зацепления, величину коэффициента потерь в зацеплении можно приближенно определить с использованием зависимости

$$\psi_3 \approx 2,3 \cdot f \left(\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right),$$

где f – коэффициент трения скольжения в контакте сопряженных зубьев;

z_1, z_2 – числа зубьев шестерни и колеса.

В формуле знак «+» – для внешнего зацепления, знак «-» – для внутреннего зацепления.

Формула показывает, что потери сильно увеличиваются с уменьшением чисел зубьев, особенно числа зубьев шестерни.

В режиме полужидкостной смазки силы трения увеличиваются при уменьшении вязкости масла и скорости в зацеплении. При высоких скоростях за счет повышения несущей способности масляного клина между зубьями вступают в силу зависимости, характерные для гидродинамического режима смазки.

Потери на трение в зацеплении обычно принимают пропорциональными полезной нагрузке и относят к так называемым нагрузочным потерям.

Валы современных редукторов обычно устанавливают на подшипниках качения, для которых характерны малые *потери на трение*:

$$\psi_n = 0,005 \dots 0,010$$

Потери на перемешивание масла растут с увеличением окружной скорости, вязкости масла, ширины зубчатых колес и глубины их погружения в масляную ванну.

Коэффициент относительных потерь на привод вентилятора ψ_v существенно зависит от частоты вращения валов.

Раздельное измерение составляющих потерь мощности связано с большими трудностями. Поэтому опытным путем обычно определяют суммарные потери мощности, которые характеризуют общий КПД редуктора.

Средние значения КПД зубчатых передач на подшипниках качения при номинальной нагрузке и жидкой смазке находятся в пределах $\eta = 0,97 \dots 0,98$, для открытых передач с пластичной смазкой $\eta = 0,95 \dots 0,96$.

При передаче неполной мощности КПД значительно ниже вследствие влияния постоянных потерь, т.е. потерь, не зависящих от передаваемой мощности.

Последовательность выполнения лабораторной работы в диалоговом режиме с элементами автоматизированной системы научных исследований (АСНИ)

Перед началом работы проводится индивидуальный автоматизированный контроль знаний. К выполнению работы допускают студентов, успешно прошедших тестирование.

Лабораторную работу выполняют в диалоговом режиме с компьютером и в режиме реального времени физического процесса.

Автоматизированный режим включает в себя *следующие этапы*:

1. Внесение сведений об исполнителях работы (см. рис. 8).
 2. Выбор лабораторной работы «Исследование КПД цилиндрического (конического) редуктора» (см. рис. 9).
 3. Формирование исходных данных. Необходимые сведения о передаче высвечиваются на дисплее (см. рис. 12, 13).
 4. Сохранение или восстановление исходных данных. Расчет выполняют на ЭВМ в автоматизированном режиме (см. рис. 11, 14).
 5. Проведение эксперимента (см. рис. 11, 15 - 18) с последовательным выбором этапов работы (см. рис. 18 - 21):
 - ослабить ремень; включить электродвигатель и нажать клавишу «Enter»;
 - подготовка оборудования;
 - измерение экспериментальных данных.
 6. Оформление отчета. Необходимо войти в меню по рис. 11. и выбрать команду «Отчет по лабораторной работе».
- Просмотреть отчет и напечатать необходимые разделы (рис. 3).

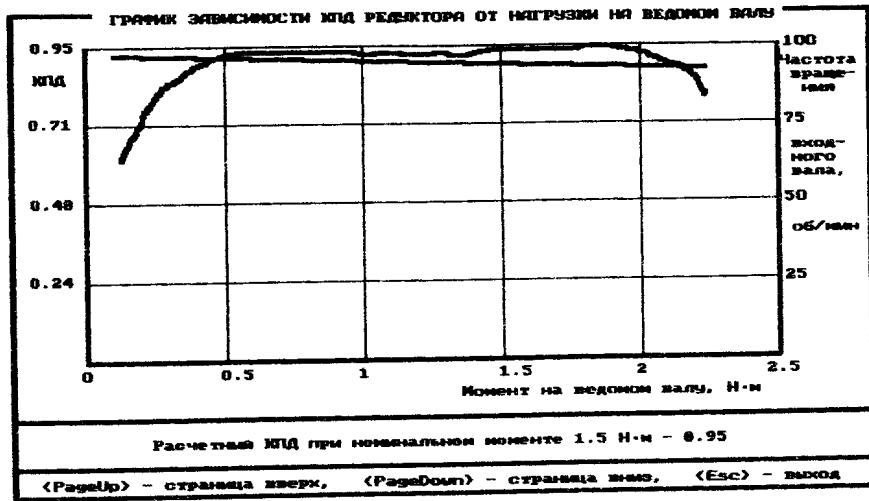


Рис. 3.Экран отчета по лабораторной работе

Из окна отчета есть возможность перехода к выполнению новой лабораторной работы или возврат на основную страницу.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите, формулы, по которым можно определить КПД редуктора.
2. Назовите основные причины потери мощности в редукторе.
3. Как изменяется КПД редуктора с увеличением числа его ступеней?
4. Как будет изменяться КПД редуктора при уменьшении нагрузки T_2 ?
5. Чему равно значение КПД редуктора при нагрузке $T_2 = 0$? Почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Исследование ременной передачи

Цель работы

1. Экспериментально установить зависимость коэффициента упругого скольжения и коэффициента полезного действия ременной передачи от величины начального натяжения ремня и величины внешней нагрузки.

2. Определить режимы рационального нагружения ременных передач.

3. Ознакомиться с принципом испытания плоскоремной передачи на основе использования циркуляции мощности в замкнутом контуре.

В результате выполнения работы студент

должен знать:

- конструкцию и принцип работы ременных передач;
- силовые и кинематические зависимости, характеризующие работу ременной передачи;
- назначение и методику построения кривых скольжения;
- особенности испытания ременных передач и пути повышения их тяговой способности;

должен уметь:

- методически грамотно проводить испытания тяговой способности ременных передач в автоматизированном режиме;
- анализировать причины изменения тяговой способности передачи;
- обосновывать принимаемые проектные решения, направленные на повышение тяговой способности и эксплуатационной надежности ременных передач.

Краткие теоретические сведения

Ременная передача содержит ведущий шкив 1 и ведомый шкив 3, охватываемые гибким ремнем 2 (рис. 4). Она предназначена для передачи механической энергии в кинематической цепи от двигателя

к исполнительному механизму, как правило, с изменением частоты вращения и вращающего момента (нагрузки).

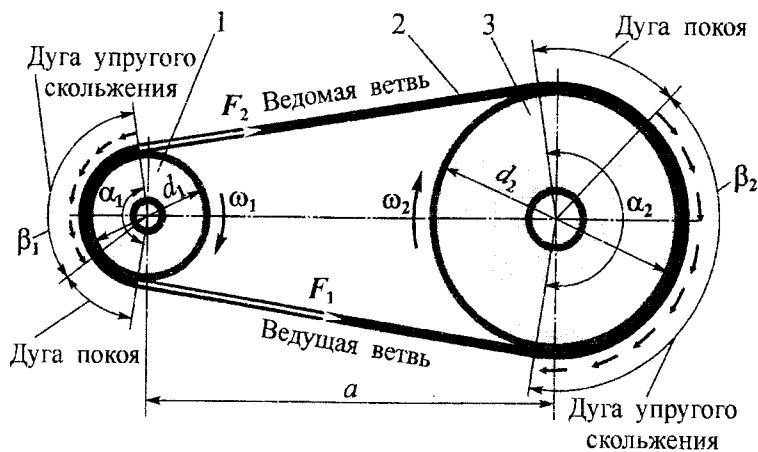


Рис. 4. Схема ременной передачи и упругого скольжения ремней

Нагрузка передается силами трения, что обеспечивается предварительным натяжением ремня.

Достоинства ременных передач:

- простота конструкции;
- плавность работы;
- возможность передачи движения на значительные расстояния.

Недостатки ременных передач:

- большие габариты;
- низкая тяговая способность;
- низкая долговечность;
- большие нагрузки на валы и опоры;
- небольшое передаточное отношение, оптимальное значение

$i = 2 \dots 4$;

- отсутствие жесткой кинематической связи.

По форме поперечного сечения ремни различают: плоские, клиновые, поликлиновые, круглые и зубчатые.

Особую группу составляют ременные передачи с зубчатым ремнем, являющиеся передачами зацеплением гибкой связью.

Ветвь, набегающая на ведущий шкив, является ведущей, сбегаящая с него – ведомой.

В состоянии покоя каждая ветвь ремня нагружена одинаковой силой начального натяжения F_0 . Это усилие практически сохраняется и на холостом ходу передачи, т.к. потери $(1-\eta)$ незначительны.

Под нагрузкой натяжение ветвей ремня перераспределяется: ведущая ветвь дополнительно натягивается до значения F_1 , а ведомая ветвь при этом разгружается от начального натяжения до величины F_2 . Сумма натяжений ветвей под нагрузкой сохраняется, т.е. $F_1 + F_2 = 2F_0$, а разность натяжений ветвей равна окружной силе $F_t = F_1 - F_2$.

Окружная сила F_t на шкивах, Н,

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1},$$

где T_1 – вращающий момент на ведущем шкиве, Н·мм;

d_1 – диаметр ведущего шкива, мм.

Из анализа приведенных зависимостей следует, что с увеличением усилия предварительного натяжения ремня окружное усилие и нагрузочная способность передачи возрастают.

Наличие разных усилий в ведущей и ведомой ветвях F_1 и F_2 является причиной разных напряжений σ_1 и σ_2 , относительных деформаций в ветвях ремня ϵ_1 и ϵ_2 и появления упругого скольжения ϵ ремня на шкивах работающей передачи:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A}, \quad \sigma_2 = \frac{F_2}{A}, \quad \epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E}, \quad \epsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E},$$

$$\sigma_1 > \sigma_2, \quad \epsilon_1 > \epsilon_2, \quad \epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_2,$$

где A – площадь поперечного сечения ремня, мм²;

E – модуль упругости материала ремня, МПа.

Физический процесс взаимодействия ремня со шкивом достаточно сложный, и поэтому выбор рациональных режимов работы ременной передачи проводится, как правило, расчетно-экспериментальным методом.

В работающей ременной передаче упругое скольжение ремня на шкивах происходит в зонах упругого скольжения, ограниченных углами β_1 и β_2 . С увеличением нагрузки значения этих углов возрастают, достигая предельных значений, равных углам обхвата ремнем шкивов, т.е. $\beta_{1\max} = \alpha_1$ и $\beta_{2\max} = \alpha_2$.

В качестве критерия оценки рациональных режимов эксплуатации ременной передачи используют:

- коэффициент упругого скольжения

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 1 - \frac{V_1 - V_2}{V_1} = 1 - \frac{d_2 \cdot n_2}{d_1 \cdot n_1}, \quad (1)$$

где V_1, V_2 – соответственно окружные скорости ведущего и ведомого шкивов, м/с;

n_1, n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого шкивов, мин⁻¹;

d_1, d_2 – диаметры ведущего и ведомого шкивов, мм;

- коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot i} = \frac{T_2 \cdot n_2}{T_1 \cdot n_1}, \quad (2)$$

где P_1, P_2 – мощность на ведущем и ведомом шкивах, Вт;

T_2 – вращающий момент на ведомом шкиве, Н·мм;

i – передаточное отношение передачи.

Эффективность сцепления ремня со шкивом обусловлена многими факторами: типом и конструкцией ремня, величиной начального натяжения ремня, материалом и состоянием взаимодействующих поверхностей и т.д. Оценивается тяговая способность передачи коэффициентом тяги

$$\varphi = \frac{F_1 - F_2}{2F_0} = \frac{F_t}{2F_0}, \quad (3)$$

который наглядно показывает, какая часть начального натяжения ремня используется для передачи полезной окружной силы.

По результатам расчетно-экспериментальной оценки тяговой способности передачи строят графики кривых скольжения и КПД (рис. 5).

Кривые скольжения строят по данным, полученным экспериментально для конкретного конструктивного исполнения передачи: при заданном начальном натяжении ремня F_0 повышают полезную окружную силу F_t (или момент T_2), вычисляют при фиксированном значении F_t по формуле (3) коэффициент тяги φ , экспериментально измеряют нагрузку на валах T_1, T_2 и частоты вращения валов n_1, n_2 и по формулам (1) и (2) определяют коэффициент упругого скольжения ε и КПД передачи η .

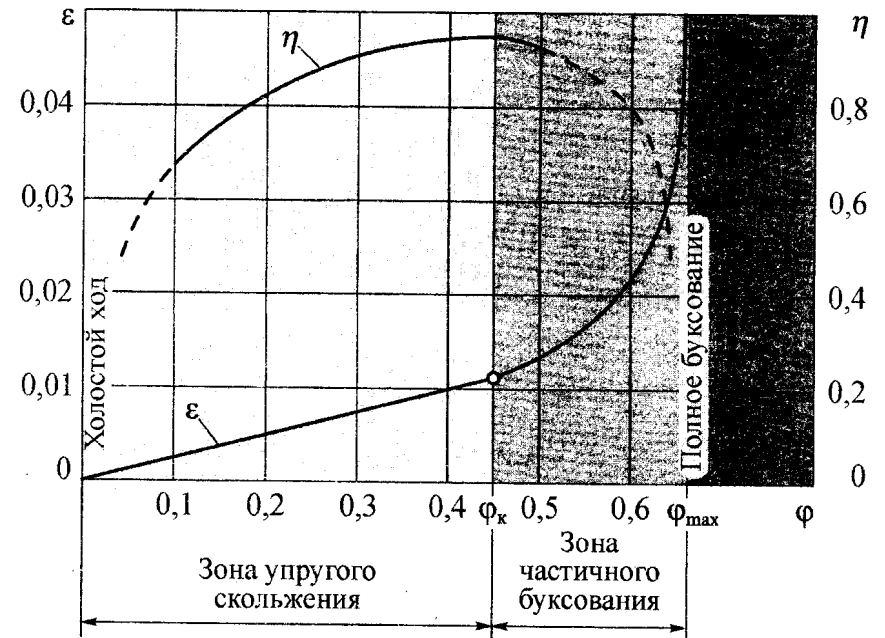


Рис. 5. Кривые скольжения и КПД

До некоторого критического значения коэффициента тяги φ_k скольжение ремня вызывается его упругими деформациями, которые согласно закону Гука пропорциональны нагрузке (зона упругого скольжения ремня по шкивам), и кривая скольжения имеет соответственно прямолинейный участок. При дальнейшем увеличении нагрузки появляется частичное буксование ремня по шкивам, прямая пропорциональность нарушается, кривая скольжения

резко поднимается вверх, и при некотором предельном значении коэффициента тяги φ_{max} наступает полное буксование ремня на одном из шкивов.

С увеличением нагрузки КПД передачи вначале растёт вследствие незначительного влияния потерь на холостом ходу, достигает максимума при критическом значении коэффициента тяги φ_k , затем резко снижается в связи с дополнительными потерями на буксование.

Кривые скольжения и КПД показывают, что рационально работать в зоне критических значений коэффициента тяги, где наиболее высокий КПД. Переход за критическое значение коэффициента тяги допустим только при кратковременных перегрузках. Работа передачи в этой зоне связана с повышенным износом ремня.

Отношение предельного значения коэффициента тяги к критическому значению коэффициента тяги характеризует способность ременной передачи к перегрузкам.

Последовательность выполнения лабораторной работы в диалоговом режиме с элементами АСНИ

Перед началом работы проводится индивидуальный автоматизированный контроль знаний. К выполнению работы допускают студентов, успешно прошедших тестирование.

Лабораторную работу выполняют в диалоговом режиме с компьютером и в режиме реального времени физического процесса.

Автоматизированный режим включает в себя *следующие этапы*:

1. Внесение сведений об исполнителях работы (см. рис. 8).
2. Выбор лабораторной работы «Исследование ременной передачи» (см. рис.9).
3. Формирование исходных данных. Необходимые сведения о передаче высвечиваются на дисплее (см. рис. 12, 13).
4. Сохранение или восстановление исходных данных. Расчет выполняют на ЭВМ в автоматизированном режиме (см. рис. 11,14).
5. Проведение эксперимента (см. рис. 11, 15-18) с последовательным выбором этапов работы (см. рис. 18-21):

– ослабить ремень; включить электродвигатель и нажать клавишу «Enter»;

- подготовка оборудования;
- измерение экспериментальных данных.

6. Оформление отчета. Необходимо войти в меню по рис. 11. и выбрать команду «Отчет по лабораторной работе». Просмотреть отчет и напечатать необходимые разделы (рис.6).

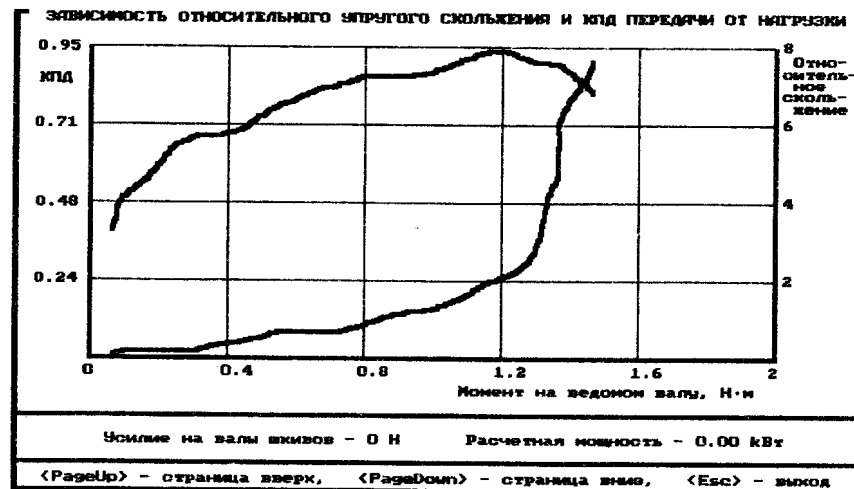


Рис. 6. Экран отчета по лабораторной работе

Из окна отчета есть возможность перехода к выполнению новой лабораторной работы или возврат на основную страницу.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите назначение, достоинства и недостатки ременных передач.
2. Какие профили ремней применяют в машиностроении?
3. С какой целью и какими способами создают начальное натяжение ремня?
4. Какие параметры передачи оказывают влияние на её тяговую способность?
5. Укажите причину упругого скольжения ремня на шкивах?
6. Предложите наиболее эффективные конструктивные мероприятия для увеличения тяговой способности ременной передачи.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ С ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ

Лабораторные работы выполняются с применением компьютера в диалоговом режиме. Каждый этап работы оформлен на дисплее в виде экранной заставки. Переход к очередному этапу работы возможен только после выполнения рекомендаций и требований, приведенных на заставке. Необходимый пункт в пределах одной заставки выбирают установкой полосы, выделенной другим цветом, на нужную строку с помощью клавиш перемещения курсора <↑> – «Стрелка вниз», <↓> – «Стрелка вверх» и клавиши <Enter> – «Ввод». Для получения более полной и подробной информации при выполнении этапа следует нажать функциональную клавишу <F1> – «Помощь». Для перехода к следующей заставке нужно, как правило, нажать клавишу <F10> – «Выход», иногда переход к следующей заставке осуществляется автоматически.

Схема проведения автоматизированных лабораторных работ представлена на рис. 7.

Внимание!

Возврат в меню «Основные этапы работы» приводит к потере информации, полученной на предыдущих этапах.

Преподаватель или лаборант устанавливает на дисплее заставку, в которой необходимо ввести сведения об исполнителях работы (рис. 8).

Внимание!

Следует помнить, что этап «Ввод сведений об исполнителях работы» является обязательным. Без его выполнения программа функционировать не будет.

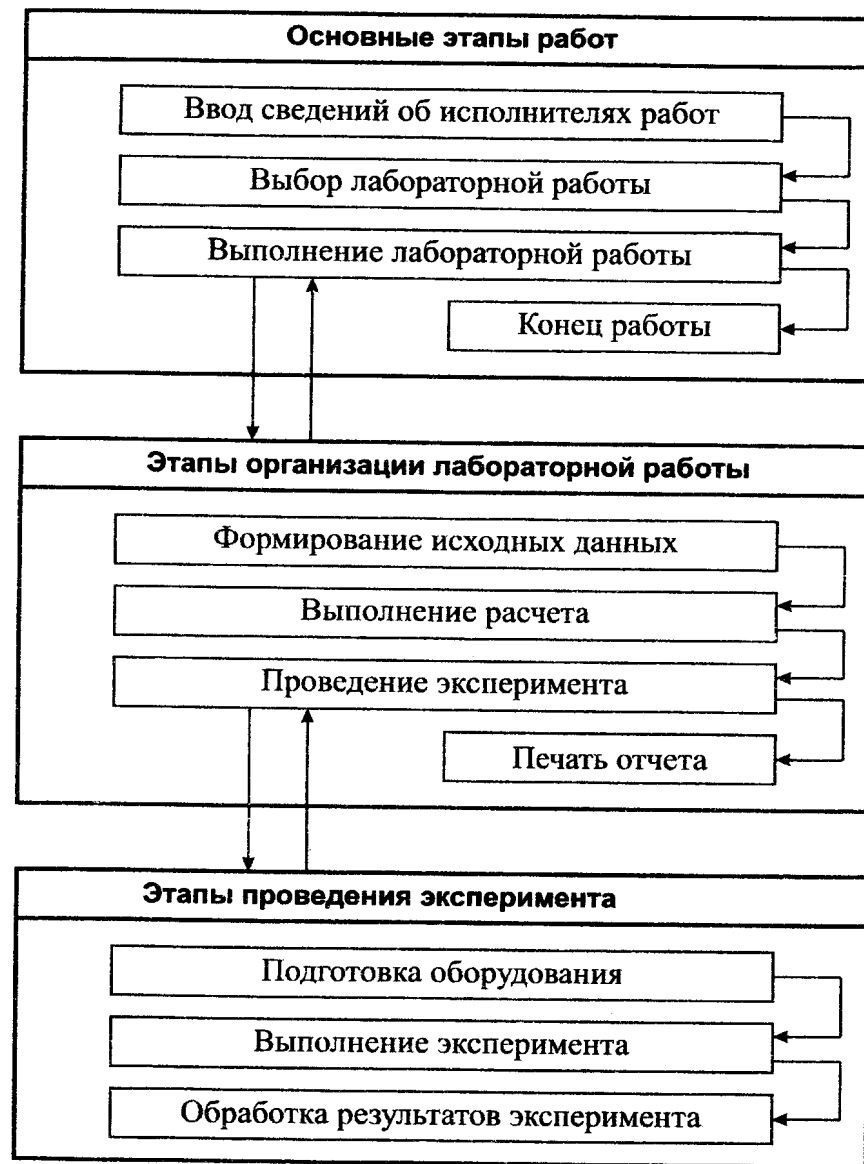


Рис. 7. Схема проведения автоматизированной лабораторной работы

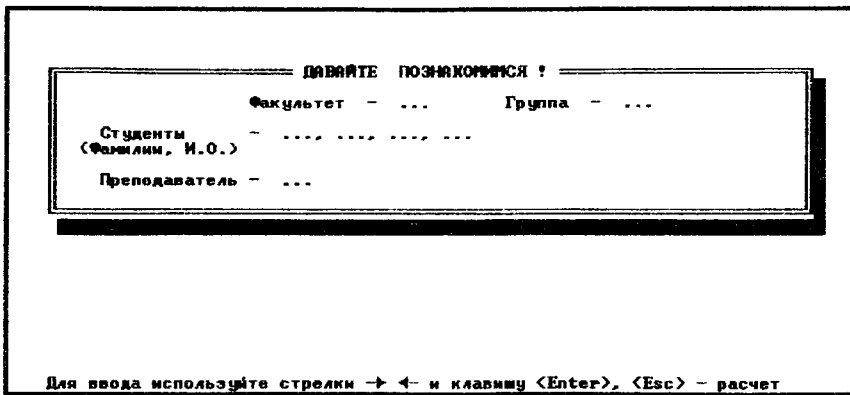


Рис. 8. Ввод сведений об исполнителях работы

Этап «Выбор темы лабораторной работы» содержит перечень лабораторных работ (рис. 9).

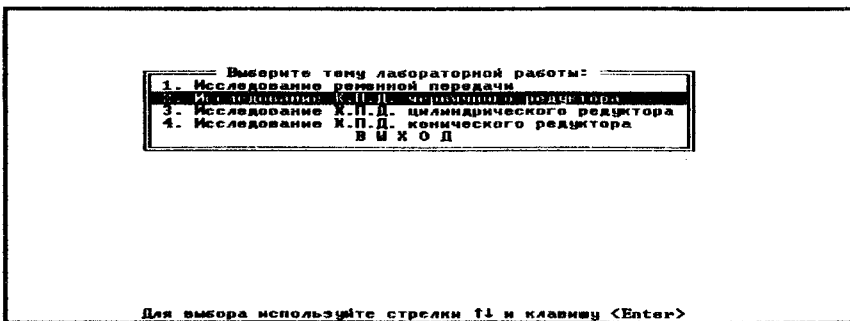


Рис. 9. Этап выбора темы лабораторной работы

Выбрав с помощью клавиш <□>, <□> и <Enter> тему лабораторной работы, перейти к следующей заставке «Лабораторная работа» (рис.10) позволяющей выбрать либо «Автоматизированный контроль знаний», либо «Выполнение лабораторной работы» либо возврат к предыдущей заставке (строка «Выход»). Выбор строки «Выполнение лабораторной работы» переводит к заставке «Этапы организации лабораторной работы» (рис. 11).

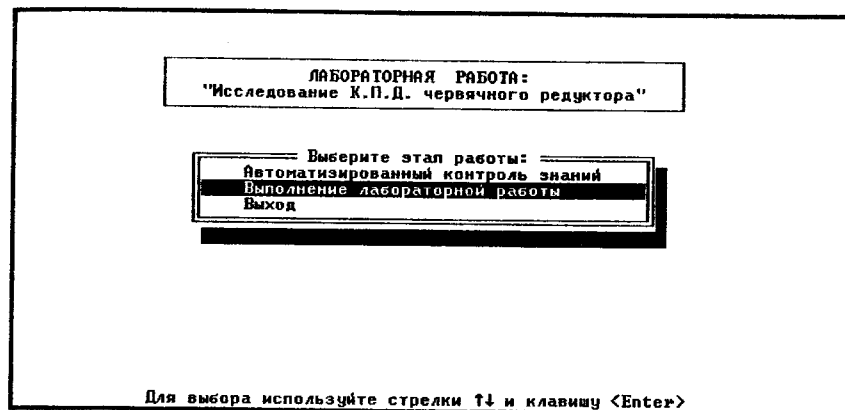


Рис. 10. Лабораторная работа

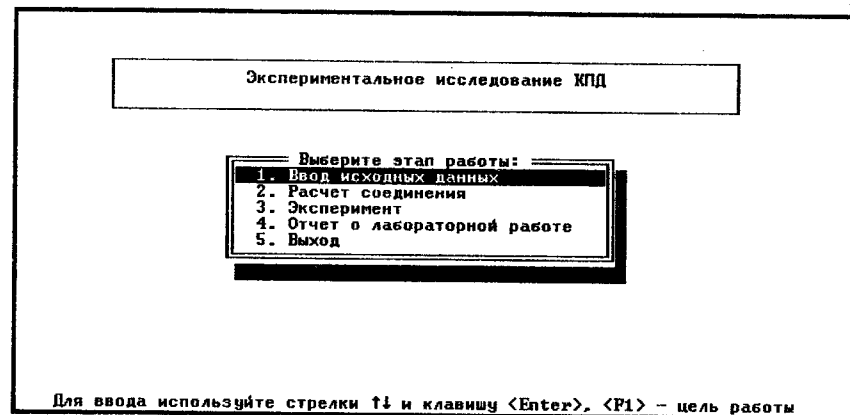


Рис. 11. Этапы организации лабораторной работы

При переходе к этапу «Ввод исходных данных» (рис. 12), например, для лабораторной работы «Исследование КПД червячного редуктора» на экране появляется перечень исходных данных и их числовые значения. Необходимо внимательно изучить состав исходных данных и проверить их числовые значения. Исходные данные при необходимости могут быть скорректированы.

Ввод исходных данных:

Типоразмер	RM1 28 1:7
Номинальный вращающий момент на тихоходном валу, Нм . . .	15
Модуль зацепления, мм	1.4
Коэффициент смещения инструмента	1.0
Число зубьев червячного колеса	28
Число заходов червяка	4
Коэффициент диаметра червяка	10
Передаточное отношение	7
Межосевое расстояние, мм	28
Частота вращения быстроходного вала редуктора, об/мин .	1410

<F1> - рекомендации, <F2> - настройка масштаба
 Для ввода - стрелки ↑ и клавиша <Enter>, <Esc> - продолжение, <F10> - выход в меню

Рис. 12. Ввод исходных данных

Константы, принятые для работы стенда и программного обеспечения, будут представлены на экране (рис. 13) при нажатии клавиши <F9> («Настройка масштаба»).

Приняты константы:

Вращающий момент холостого хода, Нм:	
на быстроходном валу редуктора . . . . .	...
на тихоходном валу редуктора . . . . .	...
Торировочные коэффициенты измерителей моментов, Нм/град:	
на быстроходном валу редуктора . . . . .	...
на тихоходном валу редуктора . . . . .	...
Кол-во точек измерений для осреднения результата измерения	
на быстроходном валу редуктора . . . . .	...
на тихоходном валу редуктора . . . . .	...
Кол-во циклов по паузе (0 - нет <красного экрана>) . . .	...
Кол-во измерений для осреднения нулевой точки	
на быстроходном валу редуктора . . . . .	...
на тихоходном валу редуктора . . . . .	...
Блокировка выбросов по частоте (0-100%). . . . .	...
Блокировка выбросов по моменту (0-100%). . . . .	...

<F2> - сохранить исходные данные, <F3> - восстановить исходные данные
 Для ввода используйте стрелки ↑ и клавишу <Enter>, <Esc> - продолжение

Рис. 13. Принятые в эксперименте константы

После формирования исходных данных необходимо сохранить (клавиша <F2>) или восстановить исходные данные (клавиша <F3>).

Установкой выделенной полосы на строку «Расчет соединения» (см. рис. 11) и нажатием клавиши <Enter> выводится расчетный КПД редуктора (рис. 14)

Расчетный КПД при частоте вращения червяка 1410 1/мин . . . 0.81

Нажмите любую клавишу

Рис. 14. Расчетный КПД редуктора

При установке выделенной полосы на строку «Эксперимент» (см. рис. 11) и нажатии клавиши <Enter> появится заставка «Этапы эксперимента» (рис. 15)

Экспериментальное исследование КПД

Выберите этап работы:

1. Ввод исходных данных
2. Расчет соединения
3. Эксперимент

Этапы эксперимента:

1. Экспериментальное исследование КПД
2. Отчет по лабораторной работе
3. Выход

Для ввода используйте стрелки ↑ и клавишу <Enter>, <F1> - цель работы

Рис. 15. Этапы эксперимента

Выбор строки «Экспериментальное исследование КПД» выводит окно «Выполнение эксперимента» (рис. 16).

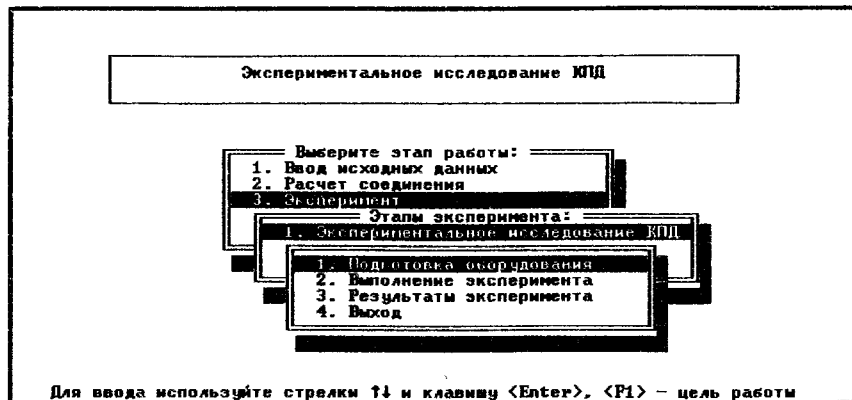


Рис. 16. Выполнение эксперимента

Строка «Подготовка оборудования» выводит на экран окно, в котором необходимо выбрать пару датчиков, отвечающих исследуемой передаче (рис. 17):

«первая» – червячный редуктор;

«вторая» – конический редуктор;

«третья» – цилиндрический мультипликатор;

«четвертая» – ременная передача;

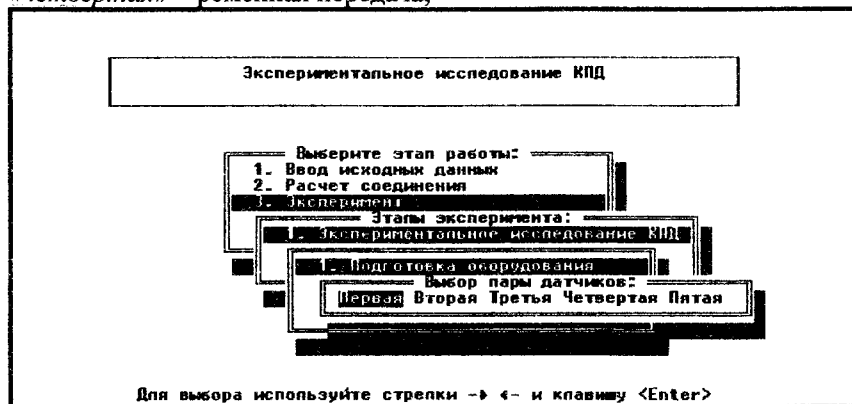


Рис. 17. Выбор пары датчиков

Строка «Выполнение эксперимента» (см. рис. 16) выводит на экран текст с инструкцией о порядке проведения эксперимента (рис. 18).

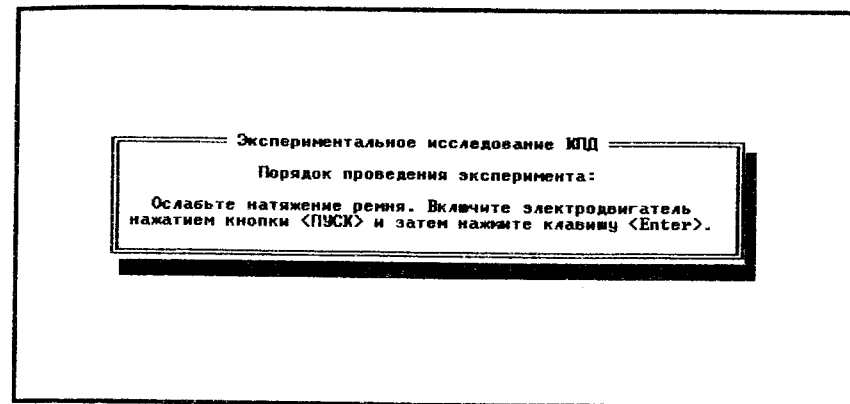


Рис. 18. Последовательность проведения эксперимента

После нажатия клавиши <Enter> начинается процесс измерения и обработки данных (рис. 19, 20).

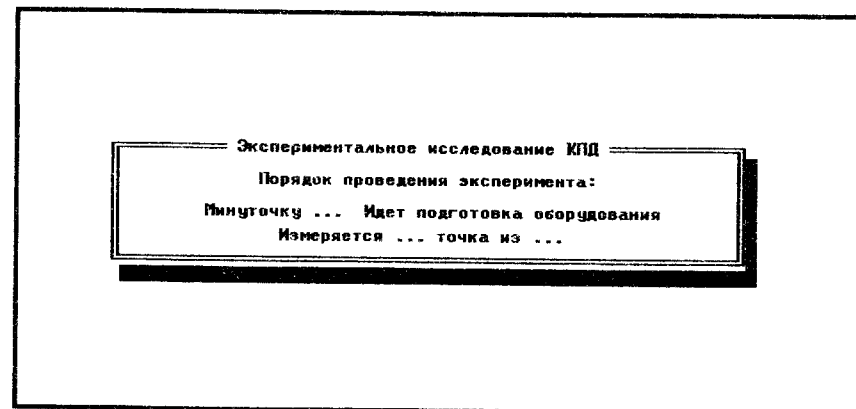


Рис. 19. Первый этап проведения эксперимента

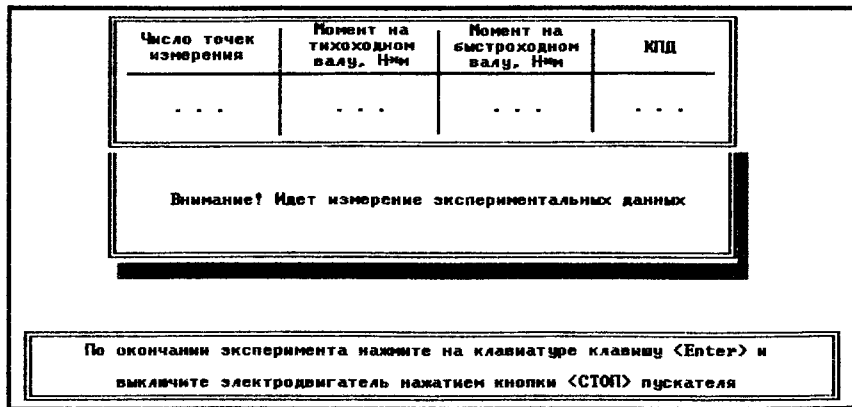


Рис. 20. Второй этап проведения эксперимента

Строка «Отчет по лабораторной работе», которая включена в этапы организации лабораторной работы (см. рис. 11), дает рекомендации по организации вывода результатов работы в файл или на печать (рис. 21).

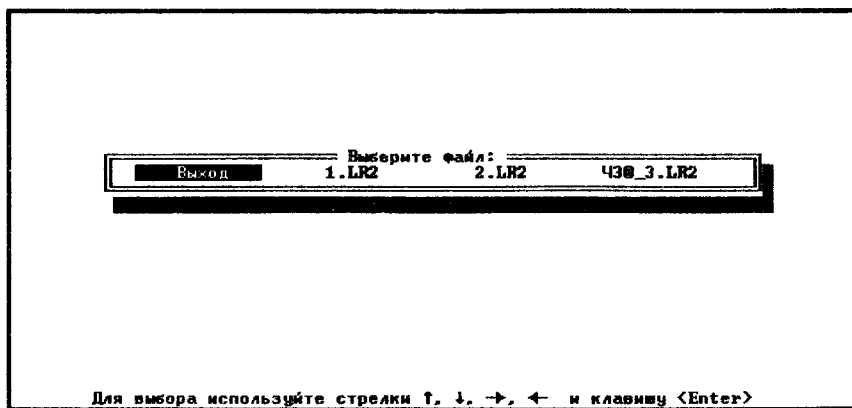
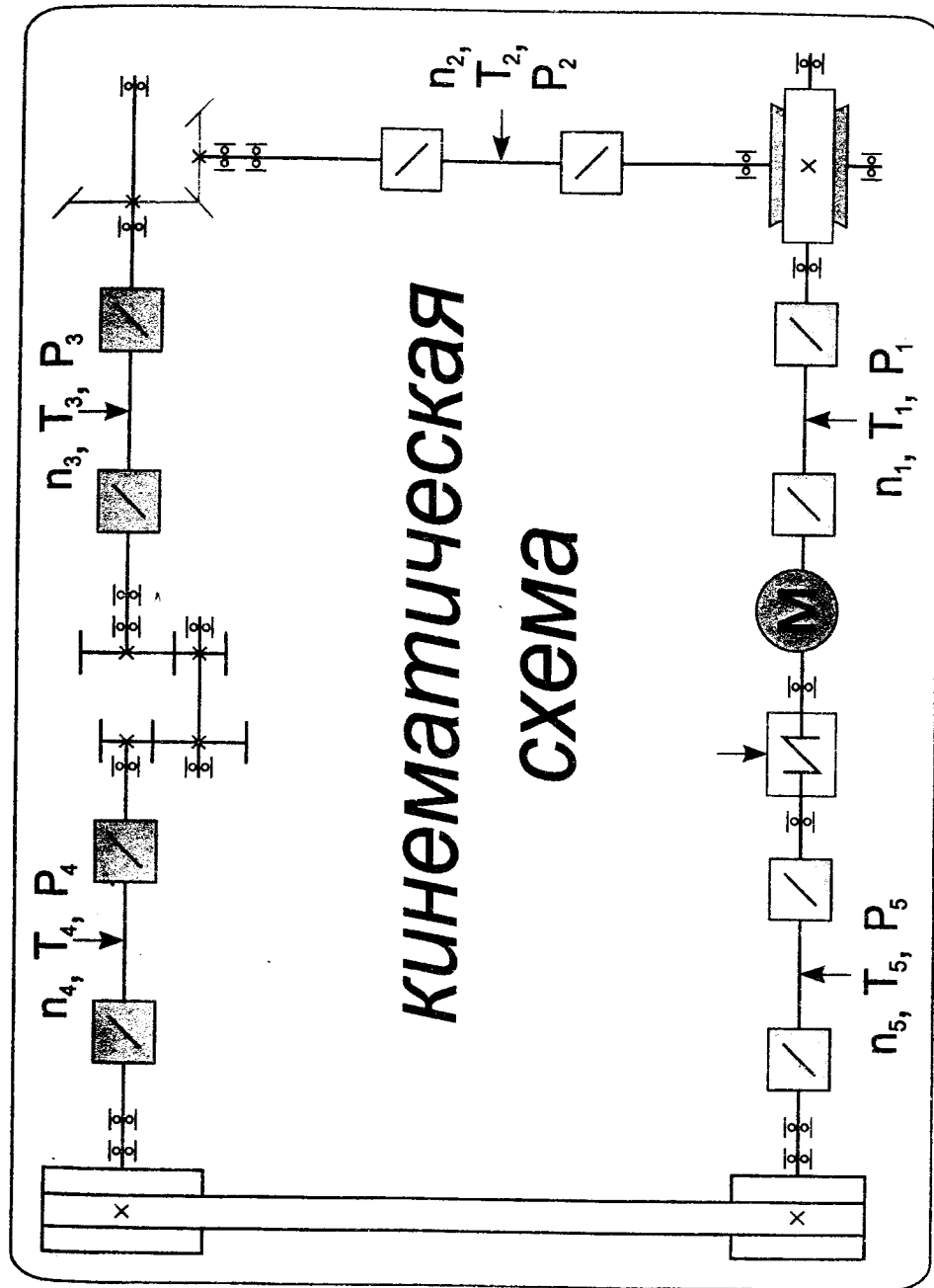


Рис. 21. Организация вывода результатов эксперимента

Для окончания работы надо вернуться в меню выбора темы лабораторной работы, установить выделенную полосу на строку «ВЫХОД» (см. рис. 9) и нажать клавишу <Enter>.



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Лабораторная установка.....	4
Лабораторная работа 1. Исследование влияния режимов работы привода на КПД червячного редуктора.....	6
Лабораторные работы 2, 3. Исследование влияния режимов работы привода на КПД цилиндрического или конического редуктора.....	10
Лабораторная работа 4. Исследование ременной передачи. Общие указания по выполнению лабораторных работ с программным обеспечением	15
Кинематическая схема лабораторной установки.....	22
	31

Пронин Владимир Александрович
Карталис Николай Иванович
Прилуцкий Алексей Андреевич

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Методические указания
к автоматизированным лабораторным работам
по дисциплине «Детали машин»
для студентов всех специальностей
очной и заочной форм обучения

Титульный редактор
Р.А. Сафарова

Корректор
Н.И. Михайлова

Печатается
в авторской редакции

Подписано в печать 16.12.2009. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,09. Печ. л. 2,25. Уч.-изд. л. 1,94
Тираж 150 экз. Заказ № 499. С 158а

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИИК СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9