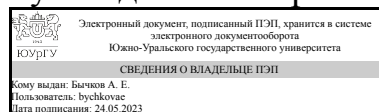


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



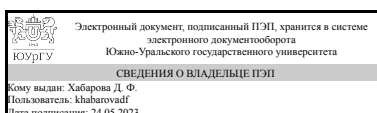
А. Е. Бычков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.04 Пропорциональная гидро- и пневмоавтоматика  
для направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Гидравлика и гидропневмосистемы

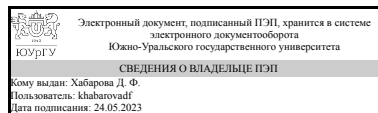
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 17.08.2020 № 1046

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н.



Д. Ф. Хабарова

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



Д. Ф. Хабарова

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение знаний и профессиональных компетенций в области пропорциональной гидравлики и пневматики, используемых в мехатронных и робототехнических устройствах для создания новых и . Задачами изучения дисциплины являются: 1) получение сведений об гидро- и пневмоприводах с пропорциональной аппаратурой: принципах действия, устройствах, физических явлениях и закономерностях в них проходящих, а также о новых перспективных направлениях развития и применения; 2) изучение методов лабораторных исследований пропорциональной аппаратуры и систем на их основе, а также устройств управления и автоматизации; 3) получение навыков для разработки новой гидравлической и пневматической техники с пропорциональным управлением.

## Краткое содержание дисциплины

Изучение дисциплины «Пропорциональная гидро- и пневмоаппаратура» направлено на понимание студентами устройства и принципов действия пропорциональной гидро и пневмоаппаратуры, сервоклапанов для мехатронных и робототехнических устройств. В курсе рассматриваются принципы работы, типовые конструкции пропорциональных гидро- и пневмоаппаратов и систем на их основе, способы формирования управляющих сигналов, характеристики пропорциональных аппаратов и методы их исследования, динамические свойства и основы расчета и проектирования пропорциональных гидро- и пневмоаппаратов и систем на их основе. Большое внимание при изучении курса уделяется лабораторным работам, на которых студенты получают основные практические знания по дисциплине. В течение семестра студенты готовят отчеты по лабораторным работам и выполняют курсовое проектирование. Вид промежуточной аттестации - экзамен, курсовой проект.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен осуществлять организованное, материальное и документационное обеспечение технического обслуживания и планового ремонта гибких производственных систем в машиностроении	Знает: Основы разработки конструкторской и проектной документации при создании мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями. Умеет: Участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей. Имеет практический опыт: Проведения предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и ведения соответствующих журналов испытаний.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.07 Силовая электроника, ФД.03 Техническое обслуживание и ремонт оборудования	1.О.33 Эксплуатация и наладка мехатронных и робототехнических систем

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
ФД.03 Техническое обслуживание и ремонт оборудования	<p>Знает: Принципы работы объектов простых систем управлений электромеханическими элементами, трансформаторов, коммутационной и пускорегулирующей аппаратуры, аккумуляторов и электроприборов; основные виды электротехнических материалов, их свойства и назначение; правила и способы монтажа и ремонта электрооборудования</p> <p>Умеет: Настраивать системы управления и обработки информации, анализировать неисправности управляющих средств и комплексов и осуществлять их регламентное эксплуатационное обслуживание с использованием соответствующих инструментальных средств</p> <p>Имеет практический опыт: Владения методами и методиками настройки систем управлений и обработки информации, способами устранения неисправностей управляющих средств и комплексов и осуществлять их регламентное эксплуатационное обслуживание с использованием соответствующих инструментальных средств.</p>
1.Ф.07 Силовая электроника	<p>Знает: Принципы работы, основные понятия, определения, технические характеристики и классификацию силовых полупроводниковых преобразователей постоянного и переменного тока (выпрямления переменного тока в постоянный, инвертирования постоянного тока в переменный, непосредственного преобразования переменного напряжения одной частоты в переменное напряжение регулируемой частоты).</p> <p>Умеет: Читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковых преобразователей; использовать цифровые модели полупроводниковых преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту.</p> <p>Имеет практический опыт: Оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей для</p>

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5	
подготовка к экзамену по курсу	15	15	
Выполнение РГР	16,5	16,5	
подготовка к лабораторным работам	20	20	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
0	Введение	2	2	0	0
1	Формирование управляющих сигналов	6	4	0	2
2	Пропорциональная гидро- и пневмоаппаратура	18	12	0	6
3	Сервоклапаны	6	6	0	0
4	Параметры работы систем с пропорциональной аппаратурой	16	8	0	8

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	0	Общие сведения о гидравлических и пневматических системах с пропорциональным электроуправлением. Условные обозначения. Структурно-функциональное описание, проектирование. Параметры и характеристика системы с автоматическим управлением. Типовые звенья	2
2-3	1	Пропорциональные электромагниты: принцип действия и устройство, разновидности. Электронные блоки управления пропорциональной аппаратурой	4
4	2	Пропорциональные гидравлические клапаны давления: принцип работы, устройство, типовые конструкции	2

5	2	Пропорциональные гидравлические распределители: принцип работы, устройство, типовые конструкции	2
6	2	Пропорциональные регуляторы расхода: принцип работы, устройство, типовые конструкции	2
7	2	Характеристики гидравлических аппаратов с пропорциональным управлением	2
8	2	Пропорциональные пневматические клапаны: принцип работы, устройство, типовые конструкции	2
9	2	Характеристики пневматической аппаратуры с пропорциональным управлением	2
10	3	Принцип действия и устройство сервоклапанов. Статические и динамические параметры. Расходная характеристика. Серводвигатель.	2
11	3	Двухкаскадный электрогидравлический усилитель с различными обратными связями	2
12	3	Трехкаскадный сервоклапан. Примеры установок с сервоклапанами.	2
13	4	Динамические свойства пропорциональной аппаратуры. Порог срабатывания. Инверсный диапазон. Гистерезис. Влияние типа перекрытия золотника на расходную характеристику. Время срабатывания. Параметры входного и выходного сигналов.	2
14	4	Объемная подача, давление в системе. Потери давления на дроссельных кромках. Вычисление требуемого напора и подачи насоса, размеров гидродвигателя.	2
15	4	Собственная частота системы. Влияние изменения вязкости рабочей среды на изменение скорости движения выходного звена исполнительного механизма.	2
16	4	Типовые гидравлические и пневматические схемы с применением пропорциональной аппаратуры	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Лабораторная работа 1. Знакомство с электронным блоком управления пропорциональной аппаратуры (экспериментальные исследования на опытных стендах с целью приобретения навыков работы с одноканальным и двухканальными электронными блоками и их элементами управления пропорциональным электромагнитом).	2
2	2	Лабораторная работа 2. Исследование гидрораспределителя прямого действия с пропорциональным электрическим управлением	2
3	2	Лабораторная работа 3 Исследование трехлинейного регулятора расхода с пропорциональным управлением	2
4	2	Лабораторная работа 4. Исследование пневматического редуционного клапана с пропорциональным управлением	2
5-6	4	Лабораторная работа 5. Исследование характеристик гидропривода возвратно-поступательного движения с пропорциональным гидрораспределителем	4
7-8	4	Лабораторная работа 6. Ступенчатое регулирование скорости гидроцилиндра с использованием гидрораспределителя с пропорциональным управлением	4

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
подготовка к экзамену по курсу	Осн. лит. [1] все 98 стр., осн. лит. [2] все 140 стр.	6	15
Выполнение РГР	Осн. лит. [1] все 98 стр., осн. лит. [2] все 140 стр., электрон. учеб-метод. лит. [1] стр. 10-248, электрон. учеб-метод. лит. [2] стр. 5-232, ПО Microsoft-Office, PTC-MathCAD, БД BSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases, База данных ВИНТИ РАН, Информационные ресурсы ФИПС	6	16,5
подготовка к лабораторным работам	Осн. лит. [1] все 98 стр., осн. лит. [2] все 140 стр., учеб-метод. лит для СРС [1] все 432 стр., ПО Microsoft-Office, PTC-MathCAD, Math Works-MATLAB, Simulink R2014b	6	20

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 1.	0,1	1	К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили лабораторную работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 1. 1 балл - верно оформленный отчет, обоснованные выводы и верные ответы на 60% и более вопросов по работе 0 баллов - неверно оформленный отчет	экзамен

						и/или необоснованные выводы и/или верные ответы на менее 60% вопросов по работе.	
2	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 2	0,1	1	К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили лабораторную работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 1. 1 балл - верно оформленный отчет, обоснованные выводы и верные ответы на 60% и более вопросов по работе 0 баллов - неверно оформленный отчет и/или необоснованные выводы и/или верные ответы на менее 60% вопросов по работе.	экзамен
3	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 3	0,1	1	К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили лабораторную работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 1. 1 балл - верно оформленный отчет, обоснованные выводы и верные ответы на 60% и более вопросов по работе 0 баллов - неверно оформленный отчет и/или необоснованные выводы и/или верные ответы на менее 60% вопросов по работе.	экзамен
4	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 4	0,1	1	К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили лабораторную работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. При оценивании результатов мероприятия	экзамен

						используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 1. 1 балл - верно оформленный отчет, обоснованные выводы и верные ответы на 60% и более вопросов по работе 0 баллов - неверно оформленный отчет и/или необоснованные выводы и/или верные ответы на менее 60% вопросов по работе.	
5	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 5	0,1	1	К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили лабораторную работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 1. 1 балл - верно оформленный отчет, обоснованные выводы и верные ответы на 60% и более вопросов по работе 0 баллов - неверно оформленный отчет и/или необоснованные выводы и/или верные ответы на менее 60% вопросов по работе.	экзамен
6	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 6	0,1	1	К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили лабораторную работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 1. 1 балл - верно оформленный отчет, обоснованные выводы и верные ответы на 60% и более вопросов по работе 0 баллов - неверно оформленный отчет и/или необоснованные выводы и/или верные ответы на менее 60% вопросов по	экзамен



						работе.	
7	6	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 7	0,1	1	<p>К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили лабораторную работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 1.</p> <p>1 балл - верно оформленный отчет, обоснованные выводы и верные ответы на 60% и более вопросов по работе 0 баллов - неверно оформленный отчет и/или необоснованные выводы и/или верные ответы на менее 60% вопросов по работе.</p>	экзамен
9	6	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	0,3	5	<p>РГР представляет собой работу по расчету гидропривода с клапаном с пропорциональным управлением, состоящую из 5 этапов. Срок выдачи: первая неделя обучения. Срок сдачи: последняя неделя семестра. Оценивается правильность решения. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) . Максимальное количество баллов за мероприятие - 5.</p> <p>5 баллов - верно выполнены 5 из 5 этапов; 4 балла - верно выполнены 4 из 5 этапов;; 3 балла - верно выполнены 3 из 5 этапов; 2 балла - верно выполнены 2 из 5 этапов; 1 балл - верно выполнен 1 из 5 этапов; 0 баллов - все 5 этапов РГР выполнены неверно</p>	экзамен
10	6	Промежуточная аттестация	экзамен	-	5	<p>Экзамен проводится в письменной форме. Студенту выдается билет с 4 вопросами из списка контрольных вопросов и задача. Решение задачи является минимально необходимым условием сдачи экзамена. Время, отведенное на подготовку - 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p>	экзамен

					<p>Максимальное количество баллов - 5.  5 баллов - верно решенная задача и верные ответы на 4 теоретических вопроса;  4 балла - верно решенная задача и верные ответы на 3 теоретических вопроса;  3 балла - верно решенная задача и верные ответы на 2 теоретических вопроса;  2 балла - верно решенная задача и верный ответ на 1 теоретический вопрос;  1 балл - верно решенная задача и при отсутствии верных ответов на теоретические вопросы;  0 баллов - задача решена неверно.</p>
--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>Экзамен проводится в письменной форме. Каждому студенту выдается билет, в котором присутствует по четыре теоретических вопроса и одна практическая задача (по одному заданию на каждый раздел). Оценка рассчитывается по рейтингу обучающегося по дисциплине <math>R_d</math> на основе рейтинга по текущему контролю <math>R_{тек}</math> по формуле: <math>R_d = R_{тек}</math>, где <math>R_{тек} = 0,1KM1 + 0,1KM2 + 0,1KM3 + 0,1KM4 + 0,1KM5 + 0,25KM6 + 0,25KM7</math> рассчитывается на основе баллов, набранных обучающимся по результатам текущего контроля с учетом весового коэффициента. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации для улучшения своего рейтинга, который будет рассчитываться по формуле <math>R_d = 0,6 R_{тек} + 0,4 R_{па} + R_б</math> Шкала перевода рейтинга в оценку: «Отлично» - <math>R_d = 85 \dots 100\%</math>; «Хорошо» - <math>R_d = 75 \dots 84\%</math>; «Удовлетворительно» - <math>R_d = 60 \dots 74\%</math>; «Неудовлетворительно» - <math>R_d = 0 \dots 59\%</math></p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ									
		1	2	3	4	5	6	7	9	10	
ПК-1	Знает: Основы разработки конструкторской и проектной документации при создании мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: Участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: Проведения предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и ведения соответствующих журналов испытаний.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Гойдо, М. Е. Теория и проектирование гидроприводов : Решение типовых задач [Текст] учеб. пособие М. Е. Гойдо ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1999. - 98, [1] с. ил.

2. Гойдо, М. Е. Гидроаппаратура с пропорциональным электрическим управлением Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы. - 2-е изд., перераб. и доп. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 140 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Казмиренко, В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование. Учеб. пособие. – М.: Радио и связь. 2001. - 432 с

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Казмиренко, В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование. Учеб. пособие. – М.: Радио и связь. 2001. - 432 с

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гойдо, М.Е. Проектирование объемных гидроприводов / М.Е. Гойдо. — Москва : Машиностроение, 2009. — 304 с. — ISBN 978-5-94275-427-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/729">https://e.lanbook.com/book/729</a> (дата обращения: 24.09.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Свешников, В.К. Станочные гидроприводы : справочник / В.К. Свешников. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2008. — 640 с. — ISBN 978-5-217-03438-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/778">https://e.lanbook.com/book/778</a> (дата обращения: 24.09.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(28.02.2017)
2. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
3. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	471 (3)	Учебно-исследовательский стенд "Промышленные датчики механических величин" (Моноблочного исполнения) модель: ПД-МВ-МР (1. Блок питания; 2. Генератор переменного напряжения; 3. Блок датчиков частоты вращения; 4. Блок датчиков углового положения; 5. Блок цифровых индикаторов; 6. Комплект бесконтактных конечных выключателей и преобразователя перемещения; 7. Комплект вспомогательных элементов.)
Лабораторные занятия	471 (3)	Учебно-исследовательский стенд "Промышленные датчики технологической информатизации" (Моноблочного исполнения) модель: ПД-ТИ (1. Блок питания; 2. Генератор постоянного и переменного напряжения; 3. Регулятор тока; 4. Датчики тока и напряжения; 5. Датчики температуры; 6. Датчики магнитного поля; 7. Интегральный датчик освещенности; 8. Блок цифровых индикаторов; 9. Цифровой мультиметр.)