

В. И. Рожков

ЭРГОНОМИКА В АСУ ТП

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ НА СТЕНДАХ
ИПДРТ4 И ДД-ИПД-011**

Учебно-методическое пособие

**Санкт-Петербург
2023**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики

В. И. Рожков

ЭРГОНОМИКА В АСУ ТП
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ НА СТЕНДАХ
ИПДРТ4 И ДД-ИПД-011

Учебно-методическое пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2023

УДК 331.101.1(075)

ББК 30.606

Р 631

Рецензенты:

кандидат психологических наук, доцент ИСИ ВШТБ СПбПУ им. Петра Великого

Н. А. Чумаков;

кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-измерительных технологий и систем управления Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

В. И. Сидельников

Рожков, В. И.

Р 631 Эргономика в АСУ ТП. Практические занятия на стендах ИПДРТ4 и ДД-ИПД-011: Учебно-методическое пособие / В. И Рожков. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 63 с.

Учебно-методическое пособие соответствует программам и учебным планам дисциплины «Эргономика в АСУ ТП» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Учебно-методическое пособие состоит из 2-х разделов. В первом разделе представлено 5 заданий, направленных на ознакомление студентов с основными видами практической деятельности инженеров по эргономическому проектированию средств отображения информации, информационных моделей пультов управления, оптимальному расположению их органов управления для реализации эргономических требований по разработке рабочих мест операторов АСУ ТП. Во втором разделе представлено 4 задания по исследованию алгоритмов деятельности человека при выполнении им практических заданий на лабораторных стендах ИПДРТ4, ДД-ИПД-011 и стенде автоматизации.

Пособие предназначено для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое пособие может быть рекомендовано как студентам профильных направлений подготовки, так и обучающимся по другим направлениям в качестве дополнительного материала при решении аналогичных эргономических задач в ходе написания выпускных квалификационных работ.

УДК 331.101.1(075)

ББК 30.606

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

© Рожков В. И., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ОПЕРАТОРОВ АСУ ТП.....	7
Практическое занятие № 1. Проведение измерений основных параметров человека для построения соматографического изображения человека-оператора	9
Практическое занятие № 2. Определение основных параметров средств отображения информации и органов управления на лабораторном стенде ИПДРТ4 (№ 1), стенде ДД-ИПД-011 (№ 2) и стенде автоматизации (№ 3)	14
Практическое занятие № 3. Определение основных зон моторного поля рабочего места оператора на лабораторном стенде ИПДРТ4 (№ 1), стенде ДД-ИПД-011 (№ 2) и стенде автоматизации (№ 3)	18
Практическое занятие № 4. Определение оптимальной зоны информационного поля рабочего места оператора на лабораторном стенде ИПДРТ4 (№ 1), стенде ДД-ИПД-011 (№ 2) и стенде автоматизации (№ 3)	22
Практическое занятие № 5. Определение оптимальных параметров стенда (пультов управления) ИПДРТ4 (№ 1), стенда ДД-ИПД-011 (№ 2) и стенда автоматизации (№ 3).....	27
РАЗДЕЛ 2. ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЕТ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АЛГОРИТМОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ АСУ ТП.....	31
Практическое занятие № 6. Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Изучение работы датчиков температуры» на стенде ИПДРТ4 (№ 1)	38
Практическое занятие № 7. Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Изучение работы оператора по исследованию динамических характеристик терморезистивного преобразователя» на стенде ИПДРТ4 (№ 1)	40
Практическое занятие № 8. Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Исследование работы датчика давления деформационного мембранного типа» на стенде ИПДРТ4 (№ 1)	42
Практическое занятие № 9. Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Сравнительный анализ показаний рабочих и образцовых манометров» на стенде ДД-ИПД-011 (№ 2).....	44
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	47
ПРИЛОЖЕНИЯ	48
Приложение П1	48

Приложение П2	49
Приложение П3	52
Приложение П4	54
Приложение П5	55
Приложение П6	56
Приложение П7.1	57
Приложение П7.2	57
Приложение П8	58
Приложение П9	59
Приложение П10	61
Приложение П11	62

ВВЕДЕНИЕ

В процессе изучения дисциплины «Эргономика в АСУ ТП» встал вопрос о практическом использовании полученных на лекции знаний. Существующая на кафедре учебно-лабораторная база в полной мере позволяет использовать ее для решения эргономических задач. Среди вопросов, изучаемых на лекциях, наиболее интересными в практическом применении эргономических методов и методик являются вопросы эргономического обеспечения проектирования и эксплуатации пультов управления, средств отображения информации, полноты информационных моделей, отражающих функционирование систем АСУ ТП, достаточности и эргономичности применяемых органов управления.

За последние 5 лет выпускниками кафедры выполнен ряд выпускных квалификационных работ, связанных с эргономическим направлением. В процессе проведения ими исследований на предприятиях промышленности и транспорта в рамках выполнения работ были выявлены типовые отступления от эргономических требований, проявившиеся лишь в процессе эксплуатации систем управления. Среди них в первую очередь были отмечены следующие нарушения:

1. По информационным моделям средств отображения информации: по своевременности и полноте предоставляемой оператору информации.
2. По организации рабочих мест операторов (диспетчеров) систем АСУ ТП.
3. По организации средств отображения информации коллективного пользования.
4. По выполнению эргономических требований в системе формирования и поддержания работоспособности операторов: низкое качество реализации требований; отсутствие своевременно разработанных программ подготовки (переподготовки) диспетчеров при переходе на обслуживание новых образцов технологического оборудования; отсутствие компьютерных тренажеров для отработки практических навыков по управлению, обслуживанию и ремонту оборудования, предотвращению аварийных и нештатных ситуаций.

Это не полный перечень отступлений от требований эргономических стандартов, выявленных в процессе эргономического анализа существующих АСУ. Для получения студентами практических навыков по оценке степени реализации различных типов эргономических требований в реальных пультах управления на производстве в данном учебно-методическом пособии подобраны несколько практических заданий, которые дадут студентам реальные навыки по проведению эргономического анализа на примере лабораторных стендов нового поколения.

Сборник построен по принципу от простого к сложному. Первоначально группе студентов предлагается ознакомиться с методом соматографического изображения человека-оператора и применением данного метода при проектировании пультов управления АСУ ТП, средств отображения информации и расположении органов управления. С этой целью предлагается

провести измерение антропологических характеристик групп студентов и сравнить их со значениями основных антропологических параметров, указанными в ГОСТ [1, 2, 3].

В процессе выполнения последующих практических заданий по определению основных зон моторного поля и оптимальных углов обзора информационного поля ПУ рабочего места оператора студенты получают навыки по проведению замеров досягаемости органов управления, а также оптимальности расположения средств отображения информации (горизонтальных и вертикальных углов) относительно главной линии зрения (ГЛВ) человека-оператора.

В практическом задании № 5 по определению оптимальных параметров пультов управления на основе полученных в первых четырех заданиях навыков эргономического анализа ПУ предлагается оценить эргономическое качество существующих лабораторных стендов применительно к выполняемым студентами лабораторных работ. Используя полученные замеры, студентам предлагается модернизировать лабораторный стенд, который бы по своим эргономическим характеристикам превосходил существующий.

В процессе выполнения этих практических заданий студентам предложено с помощью пакетов прикладных программ «Компас» или «Автокад» выполнить чертежи модернизируемых стендов с нанесением на них результатов проведенных замеров.

В отчете, представляемом преподавателю, студенты должны дать оценку эргономичности стендов и предложить рекомендации по их улучшению.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ОПЕРАТОРОВ АСУ ТП

В процессе проектирования систем АСУ ТП остро встает вопрос о методах и методиках, применяемых проектировщиками для формирования образа рабочих мест операторов. Среди множества вариантов расположения средств отображения информации (СОИ) и органов управления (ОУ) на пульте управления (ПУ) автоматизированной системой нужно выбрать такой вариант, который бы по своим эргономическим характеристикам соответствовал эргономическим требованиям (ЭТ), изложенным в ряде руководящих документов, список которого насчитывает более 180 нормативных документов, был максимально удобен для выполнения человеком своих функций, не создавал диссонанса при работе с ИМ, СОИ и ОУ.

Создание новых ПУ начинается, как правило, с использования метода **соматографии**, позволяющей определить наиболее комфортные зоны расположения СОИ и ОУ для проектируемого ПУ. В процессе использования существующих ПУ этот метод позволяет оценить эргономическое качество реального изделия, выработать рекомендации по его совершенствованию с использованием эргономических знаний. Именно этой задаче посвящены 5 представленных практических заданий.

Целями проведения практических занятий являются:

1. Научить студентов практическому использованию теоретических знаний по эргономике по темам 3, 4 рабочей программы дисциплины.
2. Научить навыкам проведения замеров с использованием ручного инструментария (см. подпункт *Инструменты и принадлежности*) с целью определения фактических горизонтальных и вертикальных углов обзора средств отображения информации, определения зон досягаемости органов управления приборной панели, параметров информативности применяемых приборов.

Для достижения заданных целей необходимо выполнить следующие операции:

1. Изучить представленный для эргономической оценки стенды ИПДРТ4 и ДД-ИПД-011, оценить расположение на них органов управления, средств индикации (отображения информации).
2. Определить точку Ц нормального взора человека в положении «сидя» и «стоя», произвести необходимые измерения горизонтальных и вертикальных углов обзора СОИ в соответствии с заданием.
3. Определить зоны досягаемости ОУ на ПУ.
4. Оформить отчет о проделанной работе, предоставить чертежи с результатами проведенных измерений, выполненных с использованием программы «Компас» или «Автокад».
5. Дать оценку эргономическим характеристикам представленного стенда, при наличии указать, какие конкретно ЭТ были нарушены.

Организация проведения практических занятий

Перед началом занятий преподаватель производит инструктаж и делит группу на подгруппы, численностью 3-5 человек, в каждой подгруппе назначается старший. Выделяется время 15-20 минут для ознакомления с материалами ПЗ, осмотра назначенного для эргономической оценки стенда.

Под руководством старшего подгруппы с применением предложенного инструмента и принадлежностей проводятся измерения необходимых параметров с записью в подготовленные ранее таблицы. Производится расчет и сравнение полученных значений параметров с требованиями ГОСТ.

Инструменты и принадлежности

Для проведения замеров следует использовать следующие инструменты:

- лазерный дальномер;
- электронный угломер;
- уровень;
- рулетка;
- подставка для размещения применяемого оборудования.

Результаты практических занятий

В результате выполнения ПЗ в предназначенное для самостоятельной подготовки отчета в домашних условиях время выполняется отчет, в который должны входить следующие разделы:

- Краткое описание стенда и порядка выполнения ПЗ с отметкой того, какие средства отображения информации (СОИ) и органы управления (ОУ) присутствуют на стенде.
- С использованием программы «Компас» («Автокад») выполняются чертежи стенда в трех проекциях с нанесением на них тех размеров, измерение которых проводилось в процессе выполнения ПЗ.
- Даются выводы и рекомендации по улучшению эргономических характеристик стенда.
- Отчет предоставляется преподавателю на проверку.

Общие требования к оформлению отчета

1. На титульном листе должны быть указаны наименование университета, кафедры, название работы, фамилия студента (группы студентов), выполнивших ПЗ, номер группы и год (Приложение ПЗ).

2. Текстовая часть отчета выполняется на одной стороне белой бумаги формата А4 машинописным способом через 1,15-1,5 межстрочных интервала, шрифт Times New Roman, размер 14. Допускается выполнение отчетов рукописным способом, аккуратным разборчивым почерком.

3. Результаты замеров параметров прилагаются к отчету в виде заполненных таблиц, а результаты расчетов и чертежи прикладываются в приложении к отчету.

После выполнения всех ПЗ преподавателем проводится опрос по знанию студентами пройденного материала.

Практическое занятие № 1

Проведение измерений основных параметров человека для построения соматографического изображения человека-оператора

Целью практического занятия является изучение и закрепление основных понятий эргономики и приобретение практических навыков по определению основных антропометрических показателей человека как основы для определения параметров рабочего места оператора (РМО) системы «человек-машина» (СЧМ).

Задачами практического занятия являются:

- ознакомление с методикой антропологических измерений при проведении эргономического анализа систем АСУ ТП;
- изучение методики обработки и оценки полученных антропометрических данных;
- приобретение первоначальных навыков соматографического выполнения изображения человека-оператора в рабочих позах (стоя и сидя) при проведении эргономической экспертизы РМО СЧМ.

Необходимый для проведения замеров инструмент и принадлежности:
рулетка длиной не менее 3-х м.

Методика выполнения практического занятия

В основе рациональной компоновки пультов управления (ПУ) лежит знание основных границ зон досягаемости органов управления СМЧ посредством рук и ног оператора, которые могут определяться двумя основными методами:

- а) путем моделирования РМО в натуральную величину – при этом методе оценка границ зон производится на основании измерений энергозатрат человека-

оператора, производящего рабочие действия на экспериментальном макете в масштабе 1:1;

б) с использованием метода соматографии – рабочим методом, использующим изображение человеческого тела в различных рабочих позах с учетом усредненных антропометрических данных человека.

На практике метод соматографии используется следующим образом. На рабочих чертежах рабочего места оператора (РМО) АСУ ТП в соответствующем масштабе вычерчивается схематическое изображение фигуры человека в одной или нескольких рабочих позах. Контурное соматографическое изображение фигуры вычерчивается на основании антропометрических измерений, выполненных для больших групп людей. Соматография не учитывает индивидуальных особенностей каждого отдельного человека и ориентируется на «среднего человека», средние размеры и пропорции тела которого определены статистическим способом или с использованием соответствующих ГОСТов [1, 2, 3]. Однако при проектировании СЧМ необходимо принимать меры для того, чтобы ПУ РМО были одинаково удобны для работы операторов различных габаритных размеров (очень низкого или высокого роста), поэтому представляют интерес не только средние значения измеренных антропометрических характеристик, но и их статистический разброс.

Большинство измерений, характеризующих антропометрические показатели человека, изменяются по нормальному закону распределения (закону Гаусса), основными характеристиками которого является среднее значение величины M и среднеквадратичное отклонение (СКО) его от среднего значения, обозначаемое σ . По данным ВНИИТЭ и института антропологии МГУ, основные антропометрические показатели для мужчин и женщин России представлены на рисунке 1 и таблице 1 (графах 3 и 6, отдельно для мужчин и женщин).

Для проведения замеров антропологических показателей среди обучаемых необходимо произвести следующие измерения и расчеты:

1. Используя рулетку для измерения основных антропометрических показателей, произвести эти измерения и занести в соответствующие графы (Приложение П5). Замеры производятся раздельно для юношей и девушек. В строке ФИО студента (студентки) проставляется его (ее) индивидуальные данные.

2. Старшим группы на основании полученных данных измерения заполняется отчет в формате программы MS Excel, и, используя формулы, приведенные внизу таблицы 1, рассчитываются СКО основных показателей, раздельно для мужчин и женщин. Данные заносятся в графы 3-8 Приложения П5 с указанием фамилии студентов.

Порядок расчета антропометрических показателей

1. Вычисляется среднее значение каждого показателя: $X_{\text{ср}} = \sum X_i / n$

2. Вычисляется отклонение каждого измеренного показателя от его среднего значения по каждому студенту (студентке):

$$\Delta = |X_{\text{изм}} - X_{\text{ср}}|.$$

3. Рассчитывается квадрат разности каждого отклонение в ряду антропометрических показателей Δ^2 .

4. Вычисляется величина дисперсии (разброса) полученных величин относительно среднего их значения по формуле $D = \frac{1}{n-1} \sum_i^n (xi - x_{ср})^2$.

5. Вычисляется среднеквадратическое отклонение СКО каждого антропометрического показателя $\sigma = \sqrt{D}$.

6. Вычисляется отклонение полученных эмпирическим путем данных от значений, указанных в ГОСТ и изложенных в таблице 1 (графы 3 и 6).

7. Определяются зоны охвата полученных данных по сравнению с данными, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица антропометрических характеристик человека и данные группы

№ измерения	Наименование признака	Стандарт по ГОСТу, мм/ σ	Мужчины (измерено)		Стандарт по ГОСТу, мм/ σ	Женщины (измерено)	
			М, мм	σ, мм		М, мм	σ, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
В положении стоя							
1	Длина тела (расчетный рост)	1700 / 58			1600 / 57		
2	Длина тела с вытянутой вверх рукой	2140 / 84			2000 / 76		
3	Высота глаз над уровнем пола	1560 / 58			1460 / 55		
6	Длина руки	754 / 35			697 / 31		
7	Длина руки, протянутой вперед	743 / 33			686 / 31		
8	Длина руки, вытянутой в сторону	723 / 33			651 / 30		
9	Длина редуцированной руки	620 / 30			568 / 26		
10	Высота плечевой точки	1373 / 55			1281 / 52		
11	Высота пальцевой точки	620 / 33			584 / 36		
12	Наибольший поперечный диаметр	300 -			300 -		
13	Длина ноги	910 / 43			835 / 41		
14	Длина плеча	327 / 17			302 / 16		
В положении сидя							
4	Ширина плеч	380 / 18			350 / 16		
5	Дельтовидная ширина плеч	446 / 21			418 / 24		
15	Длина тела	980 / 31			840 / 30		
16	Высота глаз	1180 / 43			1095 / 42		

1	2	3	4	5	6	7	8
В положении сидя							
17	Локтевая ширина	450 / 32			452 / 44		
18	Наибольший диаметр бедер	344 / 21			388 / 31		
19	Высота плеча над полом	1010 / 42			930 / 41		
20	Высота локтя над полом	654 / 33			605 / 35		
21	Высота от пола до сиденья	422 / 22			370 / 22		
22	Высота лопаток над сидением	425 / 27			426 / 23		
23	Высота колена	506 / 24			467 / 24		
24	Длина бедра	590 / 25			570 / 30		

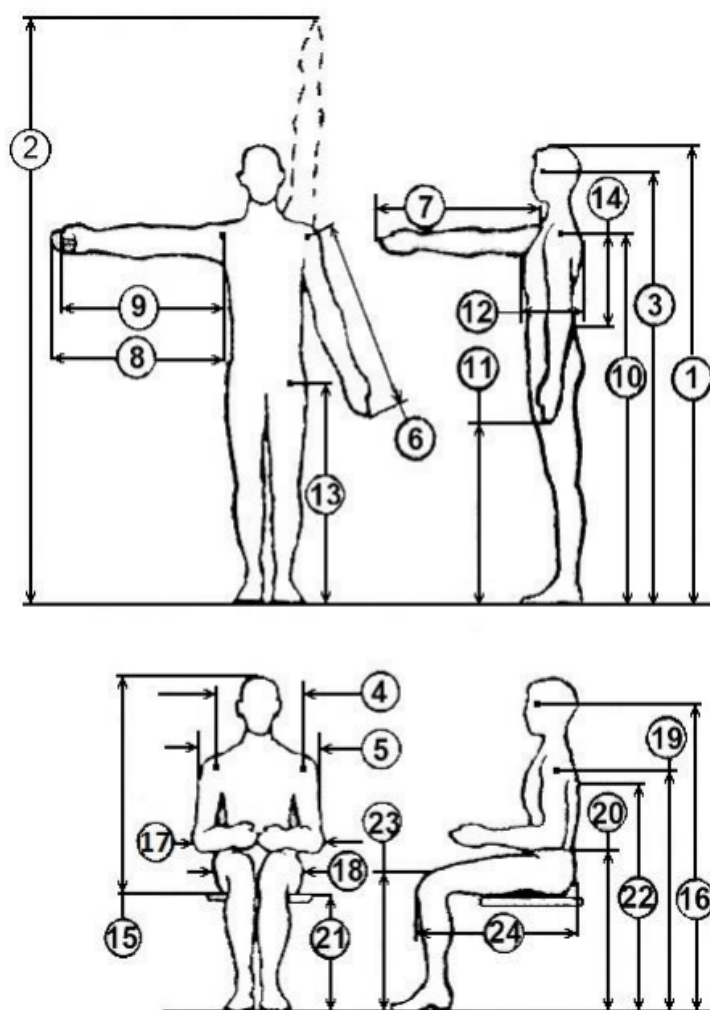


Рисунок 1 – Антропометрические показатели человека

В проектном задании на разработку ПУ обычно указывается, для какого процента людей система «человек-машина» должна быть комфортной. Для определения минимальных и максимальных антропометрических показателей операторов достаточно по таблице 2 найти доверительный интервал и значение коэффициента z . Далее по известному рассчитанному росту H и его среднеквадратичному отклонению (см. табл. 1) в заданном доверительном интервале находят максимальный рост $H_{\max} = H + z\sigma_i$ и минимальный рост $H_{\min} = H - z\sigma_i$.

Таблица 2 – Зоны охвата антропометрических показателей в зависимости от доверительного интервала

Зона охвата. %	Доверительный интервал $M \pm z$
99	$M \pm 3\sigma$
95	$M \pm 2\sigma$
90	$M \pm 1,65\sigma$
75	$M \pm 1,15\sigma$
68	$M \pm 1,00\sigma$
50	$M \pm 0,67\sigma$
25	$M \pm 0,32\sigma$

Остальные антропометрические признаки для оператора максимального роста определяются по формуле:

$$h_{\max} = h + K1\sigma h,$$

где h – среднее значение признака;

σh – среднеквадратичное отклонение измерения (табл. 1);

$K1$ – коэффициент верхнего отклонения,

$$K1 = (H_{\max} - h) / \sigma h.$$

Для оператора минимального роста

$$h_{\min} = h - K2\sigma h,$$

где $K2$ – коэффициент нижнего отклонения.

$$K1 = (h - H_{\min}) / \sigma h.$$

Для анализа СЧМ на антропометрическое соответствие производится построение соматографических изображений операторов среднего (расчетного), а также максимального и минимального ростов, на основании которых выполняются плоские манекены в масштабе, в котором выполнены чертежи общих видов изделий (обычно М 1:10, 1:20).

Соматографическое изображение человека строится по семи основным антропометрическим точкам (рис. 1) на масштабной сетке (или миллиметровой бумаге) в рабочих позах (обычно стоя и сидя).

Указания по составлению отчета

Отчет должен включать в себя следующие разделы и вопросы:

1. Цель и задачи ПЗ.
2. Задание на ПЗ.
3. Сводная таблица с антропометрическими показателями всей группы обучаемых с рассчитанными СКО по каждому показателю.
4. Составить отчет и представить его преподавателю на проверку. Результаты замеров предоставить преподавателю в программе Excel в электронном виде.

Практическое занятие № 2

Определение основных параметров средств отображения информации и органов управления на лабораторном стенде ИПДРТ4 (№ 1), стенде ДД-ИПД-011 (№ 2) и стенде автоматизации (№ 3)

Цель практического занятия: освоение методики эргономического анализа СОИ и ОУ пультов управления (ПУ) (лабораторных стендов № 1, 2, 3 Приложения П1, П2, П3) с целью определения его оптимальных параметров расположения СОИ (горизонтальных и вертикальных углов обзора), зон досягаемости ОУ, оценка меры сложности информационного поля (в соответствии с ПЗ № 3).

Задачами практического занятия являются:

- получение практических навыков в определении (замере) оптимальных параметров (горизонтальных и вертикальных углов обзора) СОИ ПУ. В качестве ПУ используются лабораторные стенды № 1 (2, 3) (Приложение П1, П2, П3);
- получение практических навыков в оценке досягаемости ОУ ПУ (стенда);
- получение практических навыков в оценке эргономичности СОИ и ОУ и самого ПУ.

Необходимый для проведения замеров инструмент и принадлежности:

- 1) электронный угломер;
- 2) электронный дальномер;
- 3) электронный уровнемер;
- 4) рулетка;
- 5) подставка под приборы для фиксации положения нормальной линии зрения оператора.

Методика проведения практического занятия

Группа обучаемых делится на подгруппы по 3-5 человек, назначается старший подгруппы.

Оценка положения СОИ и ОУ ПУ проводится на схеме ПУ (или его фотографии), на которую наносится основные типоразмеры ПУ: ширина и

высота ПУ, расположение на нем СОИ (средств индикации, сигнализаторов, мнемосхемы) и ОУ (кнопок, рукояток, тумблеров и т. д.) с указанием расстояния между ними и их месторасположение относительно основных размеров ПУ. С этой целью можно использовать миллиметровую бумагу или выполнить чертеж ПУ в графической программе (например, «Компас», «Автокад»). Фотографии стендов для проведения лабораторных работ № 1, 2, 3 представлены в Приложениях П1, П2, П3.

ПЗ выполняется в двух положениях человека: в положении сидя, в положении стоя и как вариант – совместное выполнение задания двумя обучаемыми.

При выполнении ПЗ **в положении сидя** возле стенда устанавливается стул, испытуемый садится на него в удобное для него положение, спина должна быть прижата к спинке стула. Старший группы производит измерение основных параметров в соответствии с ПЗ № 1, необходимых для проведения эргономической оценки расположения СОИ и ОУ ПУ.

Возле головы сидящего испытуемого устанавливается подставка для размещения на ней электронный приборов: дальномера и угломера. Приборы устанавливаются по уровнемеру.

По результатам измерения на вертикальной панели стенда фиксируется центральная точка взора Ц, горизонтальные и вертикальные углы обзора. Сначала фиксируются основная зона обзора при неподвижной голове человека и устремленном в центральную точку взоре, затем – расширенная зона, когда человек имеет возможность при неподвижной голове изменить положение глазного яблока в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Определяются зоны досягаемости ОУ в положении сидя. Все данные заносятся в таблицу 3 для последующего анализа и расчета.

Дается предварительная оценка эргономичности расположения СОИ и ОУ, результаты впоследствии отражаются в отчете.

При выполнении ПЗ **в положении стоя** испытуемый становится в оптимальном для него положении возле пульта. Старший группы выполняет те же действия, что и для положения испытуемого сидя.

При выполнении задания двумя обучаемыми фиксируется их месторасположение относительно стенда, справа в положении стоя находится человек, осуществляющий выполнение основных операций по проведению лабораторной работы, а слева, в положении сидя, находится обучаемый, выполняющий работу по контролю параметров работы оборудования с помощью компьютера.

На основании анализа расположения СОИ и ОУ ПУ в положении обучаемого «сидя», «стоя» или выполнение задания двумя обучаемыми произвести проектирование ПУ с учетом выполнения эргономических требований. Выполнить чертеж ПУ с использованием миллиметровой бумаги или программы «Автокад» («Компас»).

При заполнении таблицы 3 в графе 3 указывать диаметры манометров (показывающих термометров) и координаты центра СОИ для привязки к общим

размерам стенда (ПУ). За начальную точку отсчета осей координат принять нижний левый угол вертикальной панели стенда.

Таблица 3 – Габаритные размеры стенда (ПУ) и расположение ОУ и СОИ на нем

№ измерения	Наименование измерения	Размеры, месторасположение	Примечание
1	2	3	4
1	Высота ПУ (стенда)		
2	Ширина ПУ (стенда)		
3	Высота столешницы над уровнем пола		
4	Ширина столешницы		
5	Глубина столешницы		
6	Месторасположение компьютера		
7	Высота от пола до сиденья		
8	Ширина под столешницей для ног		
9	Глубина под столешницей для ног		
10	Наличие подставки для ног		
11	Расположение СОИ:		<i>марка</i>
11.1	Манометр 1		
11.2	Манометр 2		
11.3	Манометр 3		
11.4	Манометр 4		
	...		
11.5	Сигнализатор 1		
11.6	Сигнализатор 2		
11.7	Сигнализатор 3		
	...		
11.8	Термометр 1		
11.9	Термометр 2		
11.10	Термометр 3		
12	Компьютер: - размер экрана - размер клавиатуры		

13	Расположение ОУ:		
13.1	Кнопка <i>название</i>		
	...		
13.2	Рукоятка <i>название</i>		
	...		
13.3	Регулятор <i>название</i>		
	...		
14	Точка Ц (координаты относительно габаритов ПУ): - в положение сидя - в положение стоя		
15	Подключение оборудования - компьютера		
16	Наличие подставки для ног (да/нет)		

Указания по составлению отчета

Отчет должен включать:

1. Задание на выполнение ПЗ.
2. Цель и задачи практического занятия.
3. Схему размещения СОИ и ОУ стенда для условий выполнения ПЗ №...:
 - а) размеры функциональной области;
 - б) высота точки Ц над уровнем пола;
 - в) размеры контролируемой области;
 - г) расстояние от оператора до центра функциональной области, мм
 - д) наличие пространства для ног оператора и подставки для ног, ее размеры, соответствие эргономическим требованиям;
 - е) предложения по усовершенствованию лабораторного стенда с учетом реализации эргономических требований с предоставлением чертежа лабораторного стенда, выполненного с использованием программы «Автокад» («Компас») или чертеж на миллиметровой бумаге.
4. Выводы и рекомендации.

Практическое занятие № 3
Определение основных зон моторного поля рабочего места оператора на
лабораторном стенде ИПДРТ4 (№ 1), стенде ДД-ИПД-011 (№ 2)
и стенде автоматизации (№ 3)

Цель практического занятия: закрепление основных знаний по эргономическим требованиям к ПУ и рабочим местам операторов, приобретение практических навыков по определению основных зон моторного поля РМО системы «человек-машина» [4, 5, 6].

В процессе выполнения задания студенты должны выполнить следующие **задачи**:

- ознакомиться с методикой определения зон моторного поля РМО на примере стенда лабораторной работы № 1 (2, 3) в соответствии с заданием преподавателя;

- приобрести навыки определения основных зон моторного поля рабочего места оператора с применением метода соматографии.

Необходимый для проведения замеров инструмент и принадлежности:

- 1) электронный угломер;
- 2) электронный дальномер;
- 3) электронный уровнемер;
- 4) рулетка;
- 5) подставка под приборы для фиксации положения нормальной линии зрения оператора.

Методика выполнения работы

Моторное поле рабочего места оператора – это пространство рабочего места с размещенными органами управления, в котором осуществляются двигательные действия оператора по управлению системой. Моторное поле может быть одновременно частью информационного поля, т. к. органы управления могут быть источниками сведений, используемых человеком-оператором в процессе его деятельности.

Границы зон моторного поля практически определяются с помощью метода соматографии и на основании измерений базовых антропометрических показателей человека-оператора, основные положения которой изложены в практической работе № 1. Используя макет (фото, чертеж) стенда (пульта управления) и данные антропометрических измерений группы, нанести контуры основных зон моторного поля на чертежи стенда (пульта управления) как кривые и дуги окружностей с радиусами, соответствующими антропометрическому признаку, с учетом допустимых углов поворота тела (головы, рук, ног).

Границы рабочих зон моторного поля СЧМ изложены в нескольких ГОСТах [4, 5]. В пространственной структуре моторного поля ПУ для ручных органов управления (рис. 2) следует учитывать пять основных зон досягаемости:

- I – оптимальную для грубой ручной работы;
- II – оптимальную для точной ручной работы;

III – нормальную;

IV – максимальную захвата;

V – максимальную досягаемости пальцев.

Границей максимальной зоны досягаемости пальцев является поверхность, образуемая пальцевыми точками при вращении рук вокруг центров в плечевых антропологических точках.

Максимальная зона захвата определяется как область, в которой оператор может уверенно захватывать органы управления и ограничивается на проекциях СЧМ дугами радиусом, равным длине редуцированной руки (см. табл. 1), с центрами в плечевых точках и кривыми, учитывающими движение руки в плечевом суставе (рис. 2, 3).

Границы других зон определяются в зависимости от рабочей позы оператора. **При рабочей позе сидя** нормальная зона моторного поля ограничена дугами окружности с радиусом, равным длине редуцированной руки, с центрами в плечевых точках, и частью эллипса с большой осью 1000 мм и малой – 250 мм (рис. 2). В этой зоне оператор может производить силовое манипулирование органами управления любого типа.

Оптимальная зона для грубой ручной работы находится ниже уровня глаз оператора, выше уровня столешницы пульта и ограничивается дугой окружности, описываемой радиусом 600 мм с центром в плечевой точке. Оптимальная зона для ручной работы определяется методом моделирования в натуральную величину. Она находится внутри оптимальной зоны для грубой ручной работы и ограничена дугой 15° радиусом 340 мм из локтевой точки и располагается ниже уровня плеча (на виде сверху оптимальные зоны ограничены соответствующими дугами при развороте рук не более 40°).

При рабочей позе стоя нормальная зона моторного поля находится внутри области, ограниченной кривыми и дугами окружности радиусом, равным длине редуцированной руки с центрами в плечевых точках (см. рис. 3).

Оптимальные зоны определяются вращением рук манекена относительно локтевой точки ($R = 340$ мм), причем оптимальная зона для точной ручной работы находится на уровне ниже плеча и выше локтя.

Исследования показали, что работа в пределах максимальных зон досягаемости приводит к переутомлению, поэтому основные органы управления СЧМ должны быть расположены в пределах нормальной зоны, причем органы управления высокой точности и частого пользования следует размещать в оптимальной зоне для точной работы, менее ответственные органы управления – в оптимальной зоне для грубой ручной работы. При анализе степени удобства расположения органов управления и средств отображения информации следует учитывать ряд так называемых маскирующих антропометрических факторов:

- колебания роста оператора на 40...50 мм за счет расслабления ног или при поднятии корпуса тела на цыпочки;

- легкий наклон корпуса до 10° вперед или в сторону (при этом расстояние до органов управления уменьшается на 100...120 мм);

- шаг в сторону и перенос центра тяжести с одной ступни на другую позволяет уменьшить расстояние до боковых элементов управления на 150...200 мм;

- расстояние между оператором и передней плоскостью пульта обычно 150...200 мм;

- высота каблучков в положении стоя для женщин – 50 мм, мужчин – 25 мм.

Маскирующие антропометрические факторы существенно увеличивают размеры зон моторного поля СЧМ и смещают их относительно начала отсчета.

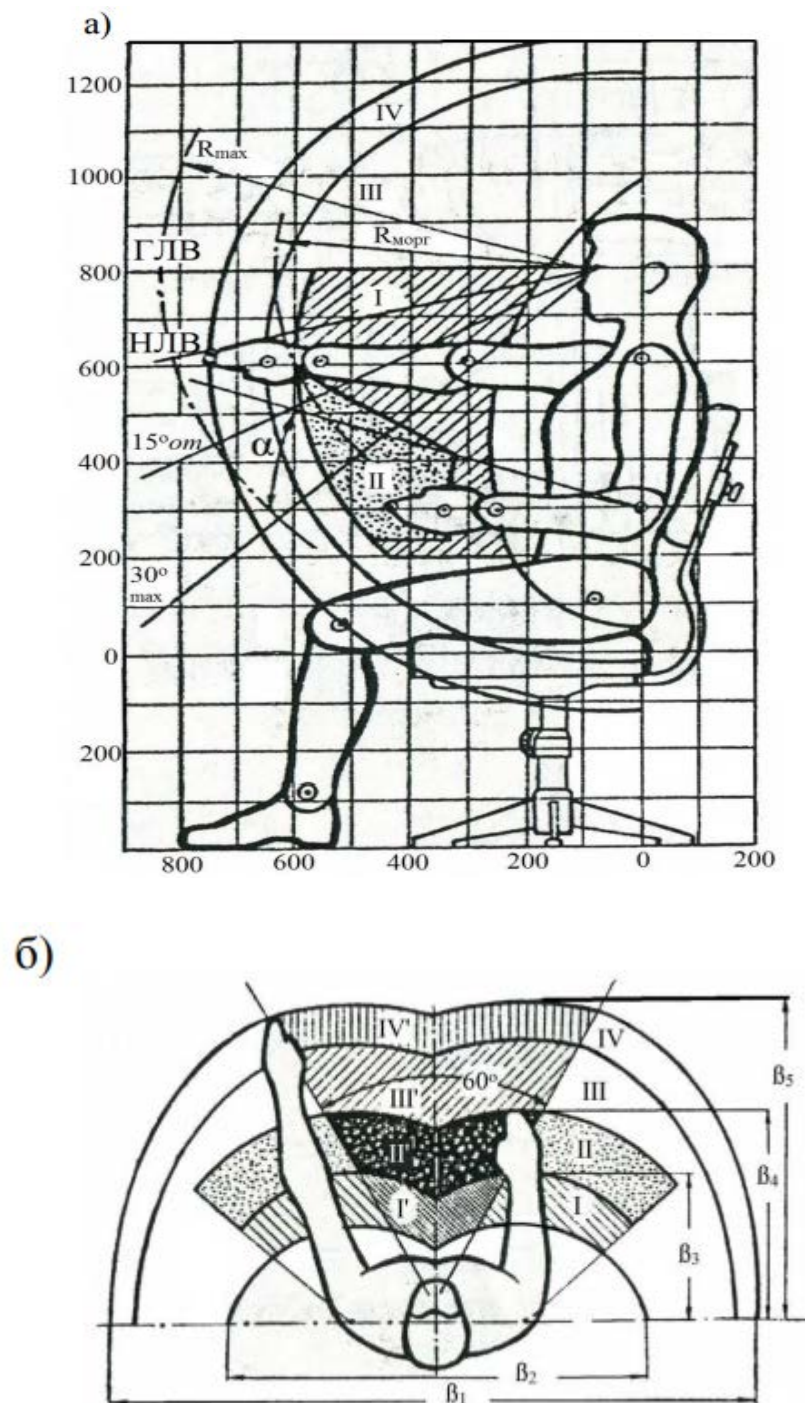


Рисунок 2 – Сенсомоторное поле оператора при работе сидя:
а – вид сбоку; б – вид сверху

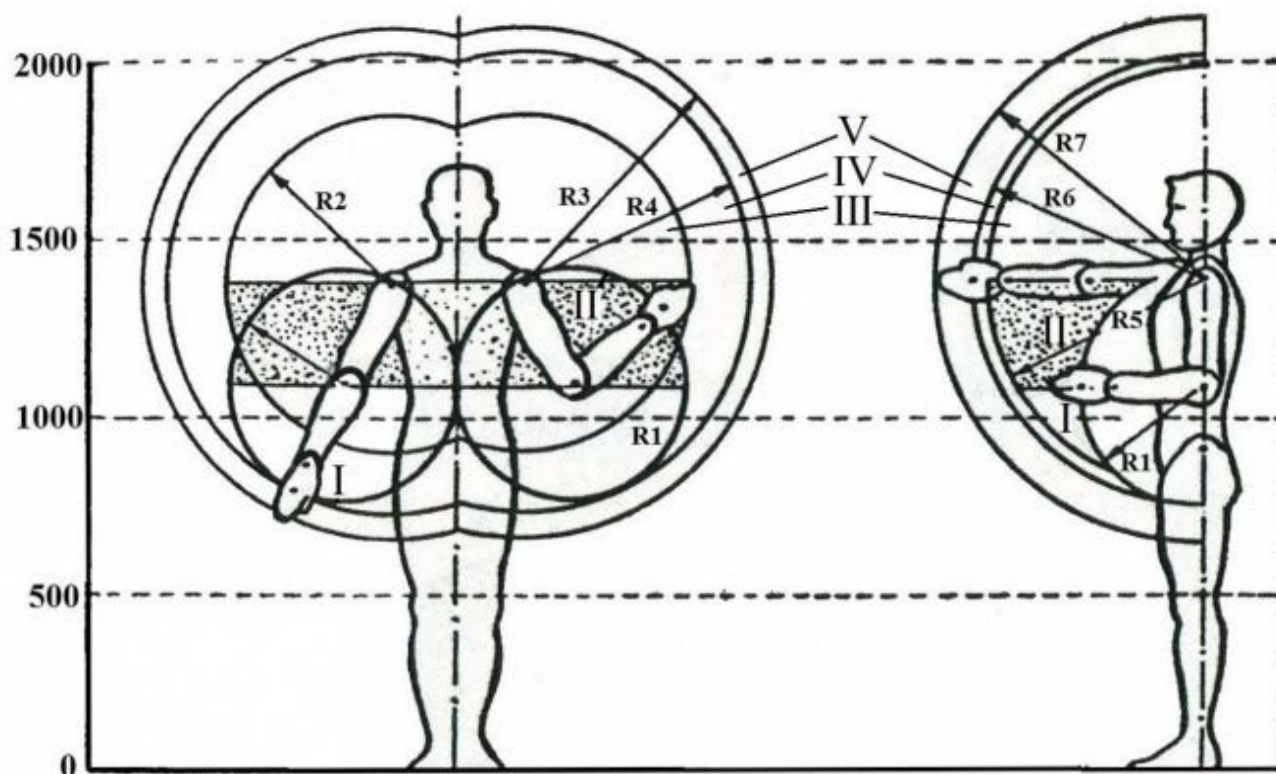


Рисунок 3 – Сенсомоторное поле оператора при работе стоя:
а – вид спереди; *б* – вид сбоку

Указания по составлению отчета

Отчет должен включать в себя следующие разделы и вопросы:

1. Цель и задачи ПЗ.
2. Задание на ПЗ.
3. Результаты измерений в соответствии с заданием.
4. Выполнить соматографическое моделирование применительно к стенду № 1 (2, 3) по определению оптимальных зон размещения ОУ стенда.
5. Подготовить отчет и представить преподавателю.

Практическое занятие № 4

Определение оптимальной зоны информационного поля рабочего места оператора на лабораторном стенде ИПДРТ4 (№ 1), стенде ДД-ИПД-011 (№ 2) и стенде автоматизации (№ 3)

Цель практического занятия: закрепление основных знаний эргономики и приобретение практических навыков определения основных зон информационного поля стенда (ПУ рабочего места оператора) системы «человек-машина».

Основными задачами практического занятия являются:

- ознакомление с основными закономерностями зрительного восприятия средств отображения информации (СОИ) человеком-оператором;
- изучение методики определения оптимальных зон информационного поля СОИ рабочего места оператора;
- приобретение навыков оценки информационного поля (СОИ) рабочего места оператора.

Необходимый для проведения замеров инструмент и принадлежности:

- 1) электронный угломер;
- 2) электронный дальномер;
- 3) электронный уровнемер;
- 4) рулетка;
- 5) подставка под приборы для фиксации положения нормальной линии взора оператора.

Методика выполнения работы

Информационное поле рабочего места человека-оператора – это пространство рабочего места с размещенными средствами отображения информации и другими источниками информации, используемых им в процессе трудовой деятельности.

Оптимальная зона информационного поля – часть информационного поля рабочего места человека-оператора, обеспечивающая наилучшее восприятие информации. Так как более 90 % информации, получаемой оператором в процессе управления технологическим процессом, воспринимается зрительно, то границы информационного поля и его зоны определяются особенностями зрительного восприятия человека, его зрительного поля. В зависимости от четкости и реакции восприятия зрительное поле подразделяется на три основные зоны:

- зону центрального зрения в пределах углового конуса 1,5...30°;
- зону мгновенного зрения, в пределах которой возможно зрительное восприятие при ограниченном времени (угол 18°);
- зону эффективной видимости (примерно 30°), в пределах которой возможно зрительное восприятие при необходимости концентрированного внимания.

Поле зрения оператора ограничено угловыми размерами 55÷60° вверх, 70÷75° вниз от нормальной линии взора, 120° в горизонтальной плоскости

(рис. 4). Размеры информационного поля значительно увеличиваются, если учитывать допускаемые повороты головы и глаз.

При проектировании (эргономическом анализе) информационного поля ПУ СЧМ необходимо учитывать основные закономерности моторики глаз:

1. Объем зрительного восприятия ограничен, и глаз человека может воспринимать одновременно 7 ± 2 отдельных объекта.
2. Горизонтальные движения глаз быстрее и менее утомительны, чем вертикальные.
3. Прямолинейные контуры прослеживаются взглядом легче, чем криволинейные и ломаные, неожиданные переходы контура вызывают задержку зрительного восприятия.
4. Для предотвращения зрительного переутомления необходимо сокращать маршруты движения глаз.

Исходя из особенностей зрительного восприятия, при проектировании средств отображения информации (СОИ) следует руководствоваться следующими рекомендациями:

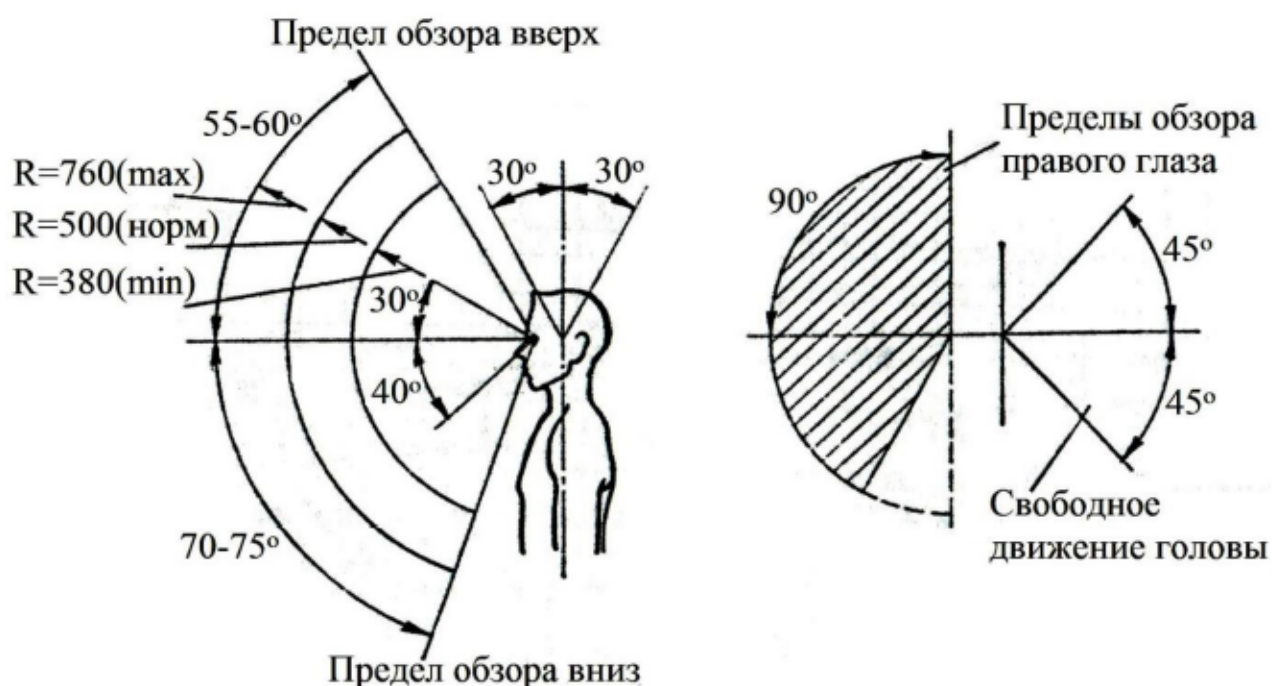


Рисунок 4 – Зоны обзора оператора

- 1) все индикаторы и органы управления группируются по 7 ± 2 объекта, располагаются в последовательности их использования преимущественно горизонтальными рядами;
- 2) поверхности индикаторов (панелей) должны располагаться в плоскости, перпендикулярной нормальной линии взора (НЛВ) предпочтительно под углом $10 \div 15^\circ$ к ней, но не более 45° ;

3) наиболее важные и часто используемые индикаторы следует размещать в зоне мгновенного зрения (до 18°);

4) оптимальный вертикальный размер СОИ не должен выходить за пределы $\pm 15^\circ$ от НЛВ при угле ее наклона к горизонту $10 \div 15^\circ$; допускается размещать индикаторы в пределах 90° вверх и 60° вниз от НЛВ, горизонтальный размер СОИ должен входить в пределы угла $50 \div 60^\circ$ (оптимально), допускается – 90° (max 120°).

5) минимальное расстояние от глаза оператора до индикатора должно составлять $500 \div 600$ мм.

Важнейшей характеристикой информационного поля является его сложность, для оценки которой служит мера сложности, бит/с:

$$Z = F_{cp} \varepsilon k + \lambda,$$

где F_{cp} – средний поток информации по всем приборам СЧМ;

ε – условная единица обзора поля;

k и λ – коэффициенты сложности поля.

Расчет меры сложности производится в следующем порядке: для каждого индикатора (прибора) определяется ориентировочно количество информации I , бит, получаемой оператором при считывании показателей:

$$I = \log_2 N,$$

где N – число возможных положений указателя индикатора.

Таблица логарифмов по основанию 2 представлена в Приложении П6.

Определяется средний поток информации от прибора, бит/с:

$$F1 = I/t,$$

где t – время, в течение которого поступает информация.

Средний поток информации по всем приборам:

$$F_{cp} = \sum F_i$$

Коэффициент ε зависит от размеров информационного поля. При оптимальном поле с размерами 40° по горизонтали и 20° по вертикали $\varepsilon = 1$, при превышении поля на каждые 20° по горизонтали и 10° по вертикали коэффициент увеличивают на 1.

Коэффициент k определяется из выражения:

$$k = n1 + \omega + \rho,$$

где $n1$ – число стрелочных приборов;

$\omega = 0$, если размеры пульта находятся в пределах поля 180° по горизонтали и 140° по вертикали;

ρ – число рубежей расположения приборов.

Коэффициент λ , бит/с, определяется из выражения:

$$\lambda = \log_2 n \cdot C / 3600,$$

где n – число приборов на пульте;

C – число обращений к приборам в 1 сек.

Информационное поле считается удовлетворительным, если величина Z не превышает $5 \div 10$ бит/с, причем средний поток информации по всем приборам не должен превышать $2 \div 3$ бит/с.

Порядок выполнения работы

1. Произвести замеры горизонтальных и вертикальных углов СОИ с учетом дальности их расположения от нормальной линии взора оператора, данные занести в таблицу 4.

2. Определить параметры информационного поля. Для этого на соматографических схемах (см. практическое задание № 1) или чертежах нанести цветными карандашами границы зон обзора оператора (желтым – оптимальные, красным – максимальные) с учетом рабочей позы оператора.

3. Сформулировать основные требования к компоновке СОИ и определить координаты границ зон размещения приборов и индикаторов различного назначения с учетом маскирующих антропометрических факторов.

4. На схеме размещения органов управления (см. практическую работу № 2) нанести границы зон размещения индикаторов и приборов различного назначения и поставить координаты зон.

5. Рассчитать меру сложности информационного поля оператора пульта управления по заданию (для решения задачи студенты используют фотографию или схему пульта, а также конкретную задачу). Задаваясь величиной потока информации от каждого прибора, произвести расчет среднего потока и меры сложности информационного поля.

6. Дать эргономическую оценку СОИ пульта управления (стенда).

7. Подготовить отчет о проделанной работе и сдать его преподавателю.

Таблица 4 – Замеры основных углов относительно НЛВ оператора

№№	Перечень основных углов	Величина угла, град. (ГОСТ)	Величина угла, град. (факт)	Дистанция до СОИ, мм (ГОСТ)	Дистанция до СОИ, мм (факт)
1	Горизонтальные:				
2	Вертикальные:				

Указания по составлению отчета

Отчет должен включать в себя следующие разделы и вопросы:

1. Цель и задачи ПЗ.

2. Задание на выполнение ПЗ.

3. Схему размещения СОИ (информационного поля) стенда (ПУ рабочего места оператора СЧМ (при работе стоя или сидя – по заданию);

4. Основные требования к размещению СОИ на ПУ:

- а) зона размещения индикаторов (СОИ):
 - в вертикальной плоскости – $\max/\min$;
 - в горизонтальной плоскости – $\max/\min$;
- б) зона размещения более важных индикаторов и приборов частого пользования:
 - в вертикальной плоскости – $\max/\min$;
 - в горизонтальной плоскости – $\max/\min$;

5. Рассчитать меры сложности информационного поля рабочего места оператора СЧМ:

- а) стенда (пульта управления) (наименование): назначение; количество операторов управления;
- б) количество индикаторов СОИ всего; количество индикаторов 1 группы (частого пользования), 2 группы, 3 группы;
- в) время потоков информации индикаторов, сек: 1 группы, 2 группы, 3 группы;
- г) размеры стенда (пульта), мм: в вертикальной плоскости; в горизонтальной плоскости.

6. Рассчитать меры сложности пульта:

- а) расчет информации, получаемая оператором от индикатора 1 группы I_1 ; 2 группы I_2 ; 3 группы I_3 ;
- б) расчет среднего потока информации от индикаторов: 1 группы F_1 ; 2 группы F_2 ; 3 группы F_3 ;
- в) расчет среднего потока информации от пульта (от всех индикаторов) $F_{\text{ср}}$;
- г) расчет величины коэффициента k ;
- д) расчет величины h .

7. Рассчитать меры сложности стенда.

8. Дать эргономическую оценку стенду. Оценка должна проводиться на соответствие с выполнением эргономических требований к размещению СОИ [3];

9. Выводы.

10. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Практическое занятие № 5
Определение оптимальных параметров стенда (пультов управления)
ИПДРТ4 (№ 1), стенда ДД-ИПД-011 (№ 2) и стенда автоматизации (№ 3)

Цель практического занятия: освоение методики эргономического анализа пультов управления с целью определения его оптимальных параметров.

Задачами практического занятия являются:

- изучение методики эргономического анализа пультов управления для определения их оптимальных параметров;
- получение практических навыков по применению методики эргономического анализа для определения оптимальных параметров пультов управления для решения конкретных задач.

Необходимый для проведения замеров инструмент и принадлежности:

- 1) электронный угломер;
- 2) электронный дальномер;
- 3) электронный уровнемер;
- 4) рулетка;
- 5) подставка под приборы для фиксации положения нормальной линии взора оператора.

Методика выполнения работы

В основе стандартной методики проектирования пультов управления СЧМ лежит реализация полного (максимально возможного) комплекса эргономических требований, предъявляемых к рабочему месту оператора, и прежде всего, трех соответствий: антропологического, физиологического и психологического.

Методика эргономического анализа пультов управления для определения оптимальных его параметров предусматривает разработку пульта с такими параметрами, при которых объем нерациональных моторных движений оператора сведен к минимуму, а действия его при этом надежны и точны. Определение таких параметров независимо от назначения пульта начинается с анализа ряда вопросов:

- перечня задач, стоящих перед оператором при выполнении им своих функциональных обязанностей;
- анализа производственной информации, отображаемой на СОИ и необходимой для управления технологическим процессом;
- перечня необходимых органов управления;
- выбора оптимальной рабочей позы оператора;
- организации РМО;
- организационной структуры СЧМ.

Последовательность разработки пульта управления производится следующим образом:

1. Прежде всего, в функциональном пространстве, в котором работает человек, управляющий СЧМ, необходимо найти функциональную область (ФО)

и наиболее важную функциональную точку Ц, откуда оператор будет получать основной поток информации.

2. В рабочем пространстве выделить области, которые должны быть под контролем оператора (КО).

3. Хорошее восприятие функциональной и контрольной областей возможно, если они вписываются в зону эффективной видимости (30° по вертикали и 60° по горизонтали), а в случае больших габаритов контролируемой области допускается ее расположение в пределах зоны обзора оператора с учетом движения глаз (70° по вертикали и 120° по горизонтали), головы ($120-150^\circ$ по вертикали и 180° по горизонтали).

При проектировании рабочей позы сидя с обзором табло коллективного пользования поверх пульта управления можно определить положение глаз оператора как точку Г пересечения границ зоны мгновенного зрения (18°), в которую вписана ФО, или зоны эффективной видимости (30°), в которую вписана КО (рис. 5).

4. По пространственному положению глаз определить положение оператора на основании данных антропометрических измерений и выбранной оптимальной рабочей позы. Дальнейшая методика определения оптимальных параметров пульта зависит от рабочей позы и назначения пульта. В данной работе в качестве примера рассматривается методика определения параметров ПУ для положения сидя.

5. Выбрать рациональные параметры рабочего кресла оператора в соответствии с ГОСТ [6].

6. Определить первый габаритный параметр пульта – его высоту. Для этого на схеме информационного поля на расстоянии 750 мм от точки Г проводят вертикаль и находят точку П (см. рис. 5) пересечения ее с нижней границей зоны видимости (линией под углом 15° к НЛВ).

7. Определить основные параметры пульта управления, учитывая размеры и положение основных зон моторного и информационного (т. е. сенсомоторного) поля (рис. 5).

В соответствии с руководящими документами существуют следующие общие эргономические требования к пультам управления:

- информационные панели пульта должны располагаться нормально к НЛВ или под углом $10-15^\circ$ к ней;
- ширина панели ОУ – 500-550 мм, угол наклона ее к горизонту не более 15° ,
- высота над уровнем сидения кресла 280 мм;
- минимальные размеры пространства для ног: ширина – 500 мм, глубина – 500 мм, высота – 630 мм.

Выбрать типы ОУ и СОИ в зависимости от их назначения и определить зоны рационального размещения их (рис. 5).

При разработке проекта рабочего места для рабочей позы стоя (например, станка, вертикальной стойки управления и т. д.) после определения положения оператора в пространстве (см. выше пункты 1-4) методом наложения зон моторного и информационного полей с учетом маскирующих антропометрических факторов устанавливают границы зон рационального

расположения ОУ и СОИ (см. практические работы № 2, 3), в которых располагают их по группам в зависимости от назначения с учетом закономерностей моторики глаз и движений оператора.

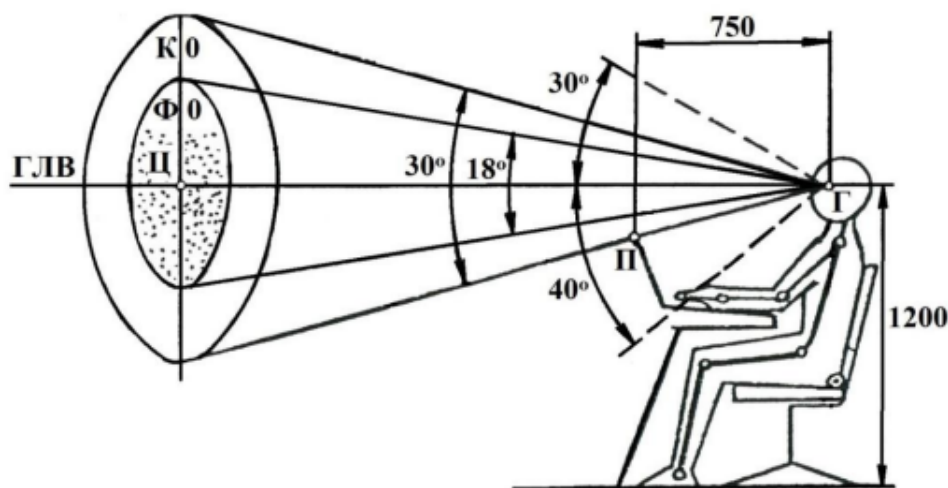


Рисунок 5 – Схема оптимального информационного поля на коллективном информационном табло

Порядок выполнения работы

1. Определить оптимальные параметры пульта управления СЧМ для работы сидя для заданных условий:

- назначение пульта;
- размеры функциональной области: высота ФО над уровнем пола, размеры контролируемой области.
- выполнить схему размещения пульта и соматографическую схему СЧМ.

2. Определить оптимальные параметры рабочего кресла оператора.

3. Определить оптимальные параметры пультов управления заданных конструкций, произвести сравнение полученных параметров с данными, указанными на рисунках 5, 6, 7.

4. Изготовить чертежи рабочего места с использованием программ «Компас» или Автокад с нанесением полученных размеров и сравнить их с рекомендуемыми из ГОСТ.

Указания по составлению отчета

Отчет должен включать:

1. Цель и задачи практического занятия.
2. Задание на выполнение ПЗ.
3. Схему размещения стенда (ПУ) для следующих условий:
 - а) назначение;
 - б) размеры функциональной области;
 - в) высота точки Ц над уровнем пола;

г) размеры контролируемой области;

д) расстояние от пульта до центра функциональной области, мм.

По результатам эргономического анализа необходимо провести сравнение полученных данных с оптимальными параметрами стенда (ПУ) (рис. 6, 7).

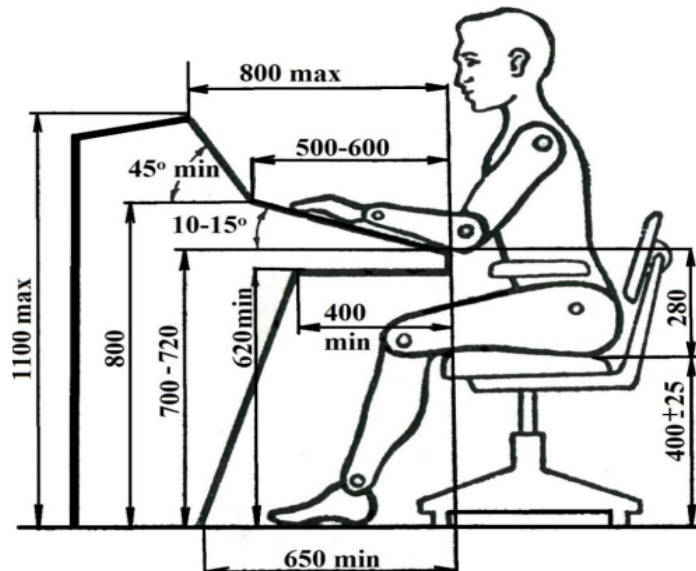


Рисунок 6 – Основные параметры пульта управления

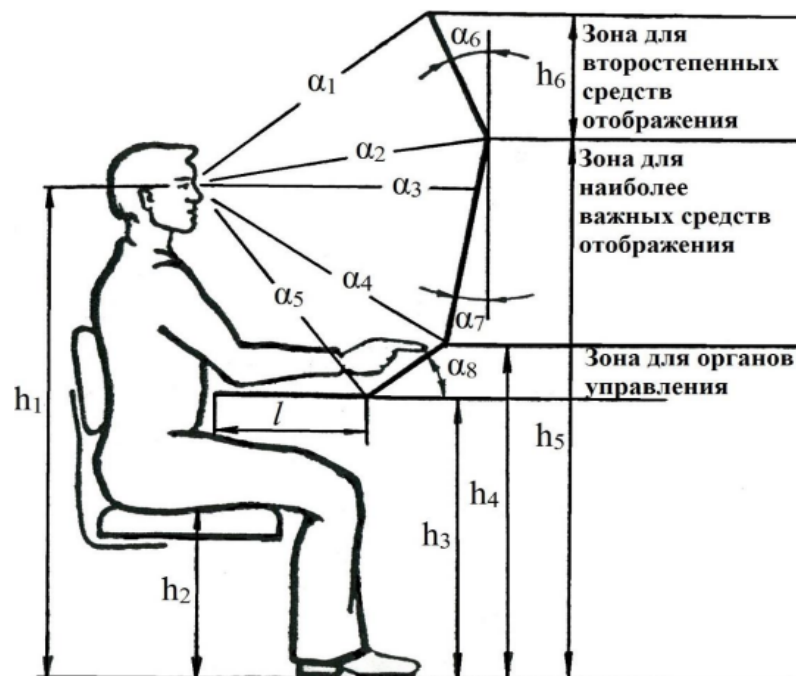


Рисунок 7 – Оптимальные параметры пульта управления

РАЗДЕЛ 2. ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЕТ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АЛГОРИТМОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ АСУ ТП

Во второй части сборника практических заданий (ПЗ) представлены несколько заданий, связанных с построением алгоритмов деятельности человека при выполнении им конкретных задач. В качестве исходного материала для выполнения практических занятий предложено использовать лабораторные стенды кафедры. В процессе выполнения ПЗ студенты изучают основы построения математических моделей деятельности человека с использованием обобщенного структурного метода функциональной структурной теории (ОСМ ФСТ). Применение данного метода позволяет студентам изучить правила построения алгоритмов деятельности человека-оператора, научиться производить хронометрирование (замер временных характеристик) типовых функциональных единиц (ТФЕ) деятельности человека в процессе выполнения им работы, рассчитывать количественные характеристики качества деятельности человека (вероятность своевременного и безошибочного выполнения задачи), время его выполнения и среднеквадратическое отклонение времени от среднего его значения (разброс времени относительно среднего времени выполнения алгоритма) с использованием аппарата математической статистики. Расчет должен производиться с использованием программы Excel.

Приведенные в пособии практические задания являются продолжением применения обобщенного структурного метода для целей изучения данного метода и практического его использования, они также могут служить основанием для оценки качества и уровня практической подготовки студентов по данной дисциплине, являться примером обоснования нормативов по выполнению различных практических задач в условиях реальных предприятий отрасли.

При выполнении ПЗ используются материалы предыдущих учебно-методических пособий по эргономике [10, 11], а также материалы лабораторных работ по дисциплине «Метрология, технологические измерения и автоматизация тепловых процессов», изданных ранее [8, 9].

В качестве справочной литературы для более детального ознакомления с методологией обобщенного структурного метода функциональной структурной теории рекомендуется использовать [7, 12].

Качество работы человека в современных системах «человек-машина» (СЧМ) в первую очередь определяется эффективностью выполнения ими производственных заданий. Своевременность и безошибочность выполнения этих заданий в основном опирается на четкое выполнение технологических инструкции, которые являются прописанными в Инструкциях по эксплуатации оборудования алгоритмами деятельности человека по управлению технологическим процессом, информационному поиску, своевременностью и правильностью принятия решений.

Для оценки качества деятельности операторов АСУ студентам потребуются совершенствовать навыки правильного построения и

формализации алгоритмов деятельности операторов, умение использовать существующие или полученные опытным путем количественные характеристики типовых функциональных единиц (ТФЕ). В условиях проведения практических занятий на лабораторных стендах кафедры получение количественных характеристик ТФЕ является одной из целей занятий.

В качестве способа построения алгоритмов деятельности операторов и получения количественных значений качества функционирования СЧМ предлагается применить обобщенный структурный метод (ОСМ) функционально-структурной теории [7, 12], ориентированный на формализацию процесса функционирования СЧМ в целом как действий человека, так и функционирования технической части (машины).

Для проведения необходимых расчетов по разработанным алгоритмам деятельности предлагается использовать программу MS Excel и формулы, изложенные в Приложении ПЗ [10, 11].

Целями проведения практических занятий являются:

1. Научить студентов практическому использованию теоретических знаний по эргономике по темам 3, 4 рабочей программы дисциплины.

2. Научить студентов использовать правила алгоритмизации при изучении деятельности человека-оператора в АСУ ТП, правила построения алгоритмов их деятельности с использованием типовых функциональных единиц (ТФЕ) обобщенного структурного метода.

3. Научить навыкам хронометража, сбора исходных временных характеристик по рабочим и контрольным операциям при выполнении оператором своих задач, методам последующей обработки результатов с использованием математического аппарата ОСМ.

4. На основе полученных данных обосновывать нормативы по выполнению технологических операций, задач и функций.

При проведении серии опытов необходимо вычислить значение величины времени выполнения каждой типовой функциональной единицы и ее дисперсию. Вычисление этих величин необходимо для определения их количественных характеристик для использования в последующих расчетах алгоритмов деятельности операторов.

Для достижения заданных целей необходимо выполнить следующие операции:

1. Изучить предложенный фрагмент деятельности оператора, изложенный в описании ПЗ, определить органы управления и средства индикации применяются оператором в процессе выполнения данного ПЗ.

2. Осуществить предварительное «проигрывание» алгоритма выполнения задания без включения оборудования (стенда), понять последовательность выполнения операций и контроля за отображением индикации на панелях сигнализации (СОИ).

3. Определить, какие операции являются рабочими, какие контрольными или диагностическими.

4. Построить примерный алгоритм деятельности по данному ПЗ с использованием ТФЕ ОСМ и изобразить его на бумаге в виде функциональной сети. Предъявить АД преподавателю для проверки.

5. При выполнении ПЗ произвести пошаговое выполнение алгоритма деятельности с измерением времени выполнения каждой типовой функциональной единицы. Данная процедура выполняется последовательно всеми студентами подгруппы.

6. Записать уточненный АД с временными параметрами в табличном виде (для каждого студента отдельно).

7. Зафиксировать общее время выполнения АД при фактическом его выполнении испытуемыми и при написании отчета сравнить его с расчетным временем выполнения АД.

Организация проведения практических занятий

Перед началом занятий преподаватель производит инструктаж и делит группу на подгруппы численностью 3-5 человек, в каждой подгруппе назначается старший. Выделяется время 15-20 минут для ознакомления с материалами ПЗ, самым стендом, составления алгоритма деятельности с использованием ТФЕ. Составленный алгоритм предъявляется преподавателю для проверки и/или корректировки.

При выполнении ПЗ в подгруппе каждый студент исполняет роль испытуемого (оператора), а старший подгруппы выполняет роль контролера, ведет хронометраж времени выполнения каждой ТФЕ в соответствии с алгоритмом и заполняет бланк «Контрольного листа» на каждого студента (Приложение П8). При выполнении испытуемыми (операторами) задания контролер отмечает их ошибки, все данные об ошибках заносится в контрольный лист в ту ячейку ТФЕ, в которой произошла ошибка выполнения операции. При подготовке отчета по выполненному ПЗ все черновики контрольных листов прикладываются к отчету.

После прохождения всей группы с фиксацией замеров старший также выполняет задание и проходит хронометраж выполняемой работы. Контроль за временем выполнения, соблюдения алгоритма и запись времени осуществляет один из студентов группы.

После завершения практического задания последним испытуемым подгруппы заполненные бланки контрольных листов предъявляются преподавателю для фиксации выполненной работы.

Для проведения расчетов вероятности своевременности и безошибочности выполнения всего АД преподавателем задаются величины основных вероятностных характеристик β_1 , K^{00} , K^{11} каждой ТФЕ в интервалах 0,999-0,75. Каждой подгруппе задается свой интервал значений вероятности выполнения ТФЕ.

Инструменты и принадлежности

Для проведения хронометража необходимо использовать секундомеры с функцией фиксирования промежуточных значений.

Результаты практических занятий

В результате проведения работы студенты подгруппы должны предоставить отчет о выполнении задания, в который должны быть включены следующие разделы:

1. Краткое описание стенда и порядка выполнения ПЗ с отметкой того, какие средства отображения информации (СОИ) и органы управления (ОУ) использованы при ее проведении.

2. Алгоритм деятельности (АД) с использованием типовых функциональных единицах (ТФЕ) обобщенного структурного метода (ОСМ) (Приложение П10).

3. Исходные данные для расчета, полученные в результате хронометража или выбранные из справочной литературы. При использовании литературы указать первоисточник (автор, название, год издания и страницы книги).

4. Результаты расчета промежуточных и итоговых количественных характеристик АД в виде таблицы с использованием программы MS Excel. Если использовался ручной метод расчета по формулам (Приложение П11), то прикладываются результаты расчетов в электронном виде.

При оформлении Отчета по проделанному ПЗ старший группы производит расчеты среднего значения $\bar{X}_{ср}$ по каждой ТФЕ АД, выборочного среднего $\bar{X}_в$, величину дисперсии по каждой ТФЕ в соответствии с приложением П9. После расчета всего АД производится расчет для каждого студента итоговых временных характеристик $M(T)_{общ}$, $D(T)_{общ}$, среднеквадратическое отклонение σ по всему АД.

5. Формулируются выводы по работе.

Отчет выполняется на бумаге формата А4 в печатном виде, расчеты должны производиться в программе MS Excel.

Для получения зачета по выполненному ПЗ необходимо ответить на вопросы преподавателя всем составом подгруппы.

Общие требования к оформлению отчета

1. На титульном листе должны быть указаны наименование университета, кафедры, название работы, фамилия студента (группы студентов), выполнивших ПЗ, номер группы и год (Приложение П8).
2. Текстовая часть отчета выполняется на одной стороне белой бумаги формата А4 машинописным способом через 1,5 межстрочных интервала. Допускается выполнение отчетов рукописным способом, аккуратным разборчивым почерком.
3. Описание АД производится с применением обобщенного структурного метода и типовых функциональных единиц (ТФЕ). Перечень ТФЕ и их характеристики приведен в Приложениях П2 и П3 [10, 11].
4. Расчеты выполняются ручным способом с применением формул или с помощью программы MS Excel, результаты расчетов сводятся в таблицы. Образец выполнения подобной работы представлен в [10].
5. При заполнении отчета указать исходные данные по выполнению практического задания, представить схему лабораторной установки, органы управления и индикации, применяемые при ее выполнении.
6. Результаты замеров временных параметров прилагаются к отчету в виде Контрольного листа (Приложение П8), а результаты расчетов прикладываются в приложении к отчету в виде заполненных таблиц MS Excel. В итоговой таблице приводятся окончательные результаты расчетов.
7. Оформить отчет и сдать его на проверку преподавателю.
6. После выполнения всех ПЗ преподавателем проводится опрос по знанию студентами пройденного материала.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Исследование деятельности оператора при выполнении лабораторной работы «Пропорционально-регулирующий блок ПР2.5»

Описание устройства ПРБ ПР2.5 и его назначение

Регулирующий блок ПР2.5 входит в систему «Старт» и предназначен для непрерывного регулирующего воздействия на исполнительный механизм или другой элемент системы регулирования с целью поддержания параметров (уровня, давления и т. д.) в заданных пределах (рис. 8).

Органы управления и контроля

Органами управления в данной установке являются редукторы давления 1а, с помощью которого задаются необходимые параметры в пределах от 20 кПа до 140 кПа. При выполнении задания оператор подает управляющее воздействие

на установку путем задания редукторами давления 2а, 4а необходимого давления в пределах от 20 до 100 кПа.

Органами контроля являются технические манометры МТ 1б, 2б, 4б, имеющие пределы измерения 0-160 кПа, класс точности 1 и образцовый манометр 3, имеющий пределы измерения 0-100 кПа. При осуществлении контроля за выходными параметрами их значения должны находиться в пределах 0-5 кПа – по нижней границе и 100-140 кПа – по верхней.

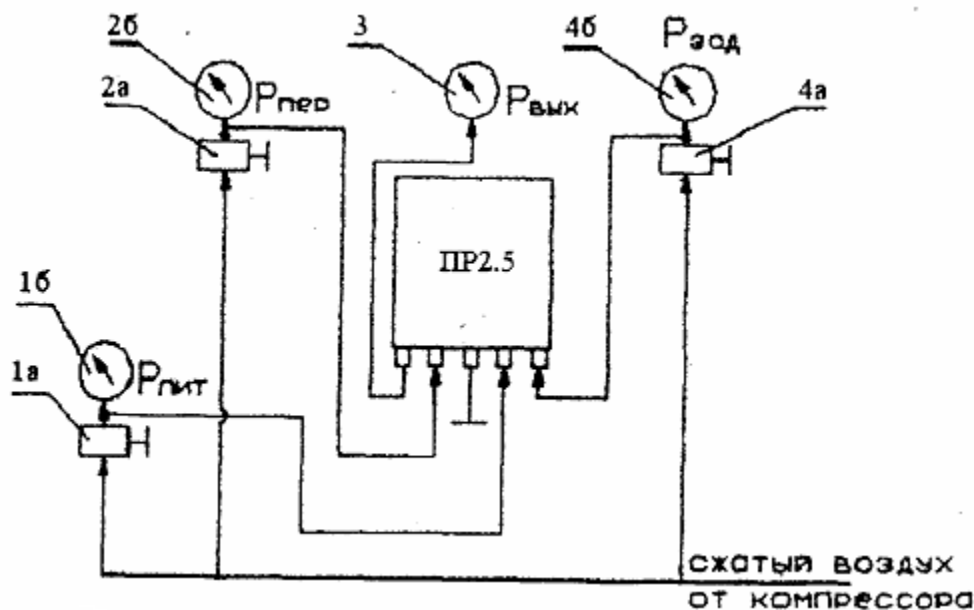


Рисунок 8 – Схема лабораторной установки для проверки регулирующего блока ПР2.5

Источником воздушного питания установки является компрессор с пределом верхнего давления 160 кПа.

Описание деятельности оператора при выполнении им задачи с использованием ТФЕ ОСМ

В процессе выполнения задания оператор установки должен подавать с помощью редукторов 1а, 2а и 4а заданное значение параметров воздуха, контролировать их величины по техническим манометрам МТ 1б, 2б, 4б и образцовому манометру 3. Ручные операции, производимые оператором с помощью редукторов стенда, при построении АД обозначаются ТФЕ «Рабочая операция» (операция «Рп»), а операции контроля параметров воздуха по манометрам обозначаются ТФЕ «Контроль функционирования» (операция «Кп»).

В соответствии с правилами построения АД операторов разрабатывается алгоритм (фрагмент АД представлен на рис. 9) с одновременным заполнением таблицы (Приложение П8)

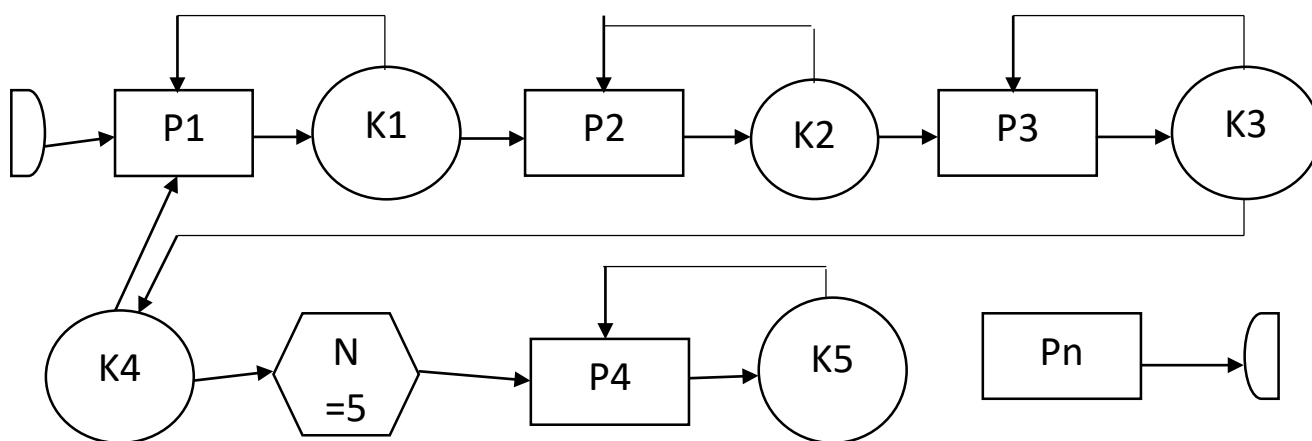


Рисунок 9 – Алгоритм деятельности оператора установки (фрагмент)

Хронометраж времени выполнения оператором данной задачи

При выполнении испытуемым (оператором) задания контролер выполняет хронометраж по каждой типовой операции, отмечает ошибки оператора, все данные о проведении ПЗ заносятся в бланк «Контрольного листа», который после завершения задания предъявляется для проверки преподавателю, подписывается им и впоследствии прикладывается к отчету о выполнении практического задания все подгруппой.

Производство расчетов

Результаты замеров временных характеристик всей подгруппой заносятся в таблицу (табл. 5). Применяя формулы расчета Приложения П9, вычисляются дисперсии и среднеквадратические отклонения по каждой ТФЕ.

Для проведения расчета необходимо внести в программу MS Excel перечень исходных данных для расчета, используя формулы Приложения П9. Итоговые значения выполнения АД для каждого оператора выполняются с применением формул Приложения П11. Итоговые данные расчета для всей подгруппы представить в форме, изложенной в таблице 6.

Выводы и рекомендации

По итогам проведенной работы получены следующие результаты: (перечисляются все результаты работы, причины отклонений от заданных параметров, делаются выводы по проделанной работе, рекомендации по улучшению структуры деятельности оператора, его алгоритму, рекомендации по проведению практического задания).

Таблица 5 – Результаты замеров и расчета временных характеристик АД по выполнению практического задания «Пропорционально-регулирующий блок ПР2.5» для подгруппы

	Энг-ф	Лар-ова	Пон-о	Вол-ов	Ян-ан	М ср, сек	Х _в , сек	D _в , (сек ²)
P1	1,98	5,14	3,4	7,12	3,3	4,19	3,22	1,55
K1	0,25	1,04	3,1	0,8	1,2	1,28	3,26	1,13
P2	2,24	2,54	2,2	4,4	1,5	2,58	3,03	1,70
K2	1,25	2,42	1,3	3,48	5,4	2,77	3,68	1,89
P3	2,16	2,31	0,95	2,2	1,5	1,82	2,84	2,08
K3	1,08	1,22	1,3	1,4	3,8	1,76	3,64	2,11
P4	1,32	1,51	3,4	1,3	3,5	2,21	3,38	1,86
K4	0,93	0,83	3,1	0,85	2	1,54	3,28	1,66

Таблица 6 – Итоговые значения времени выполнения АД

Студенты	Пак-ов	Энг-о	Лар-ова	Понк-о	Вол-в	Кро-в	Мух-ов	Сем-ов
№ п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8
Время выполн. ПЗ, сек	80,55	112,38	144,65	105,21	194,21	194,89	120,38	110,18

Практическое занятие № 6

Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Изучение работы датчиков температуры» на стенде ИПДРТ4 (№ 1)

На рисунке П4.1 в Приложении П4 представлен внешний вид лабораторного стенда ИПДРТ4, который используется для выполнения ПЗ по построению алгоритмов деятельности обучаемого при его выполнении, с органами управления (ОУ) и средствами отображения информации (СОИ), применяемыми при его выполнении (рис. П4.2).

В процессе выполнения ПЗ обучаемый должен:

1. Изучить материалы ПЗ, перечень используемых СОИ и ОУ, порядок их применения при выполнении практических заданий № 3, 7 [8, 9].
2. На копии внешнего вида стенда (рис. ПЗ.1) отметить органы управления и СОИ, применяемые в процессе проведения данного ПЗ, пронумеровав их.
3. На основе описания выполнения ПЗ составить алгоритм деятельности (АД) обучаемого, его выполняющего, с использованием типовых функциональных единиц обобщенного структурного метода, описанного в пособии [10] или в учебных пособиях [11]. Представить АД на проверку преподавателю.
4. После проверки составленного АД по готовности под руководством старшего подгруппы каждый студент подгруппы выполняет ПЗ в соответствии с

утвержденным АД. Старший подгруппы с помощью секундомера осуществляет фиксирование временных характеристик каждой типовой функциональной единицы (ТФЕ) АД и заносит данные о времени в контрольный лист.

5. После выполнения ПЗ последним студентом подгруппы старший сам выполняет это ПЗ, а фиксацию его временных характеристик осуществляет свободный студент группы.

6. После завершения ПЗ контрольные листы предъявляются преподавателю для проверки.

7. В период подготовки отчета, используя представленную в Приложении П9 методику, старший группы проводит расчет следующих параметров АД:

- среднее значение времени выполнения каждой типовой функциональной единицы (ТФЕ) путем его расчета по временным характеристикам, полученным в процессе выполнения ПЗ всеми студентами подгруппы;
- дисперсию и среднеквадратическое значение времени выполнения каждой ТФЕ в соответствии с формулами, приведенными в Приложении П9.

8. Подготовить Отчет о проведении ПЗ с приложением АД, всех проведенных замеров и расчетов, сформулировать выводы по проведенной работе.

Порядок выполнения лабораторной работы, на основании которого необходимо составить АД, следующий:

1. Подключить провод питания и передачи данных от ноутбука к стенду.
2. Проверить и при необходимости установить выключатели «Нагрев» и «Компрессор» в положение «ВЫКЛ».
3. Установить потенциометр нагрева в положение минимальное (ручку влево).
4. Подать питание на стенд выключателем «Вводной автомат».
5. Включить ноутбук, запустить программу, дождаться ее полной установки.
6. Зафиксировать показания термометров ТМ1, ТМ2, датчика температуры ДТ и заполнить данные в таблице НЗ. Внешний вид информационной модели компьютера при выполнении данного задания представлен на рис. 10.
7. Включить нагреватель.
8. Установить ручку регулировки нагрева в первое от минимального положения.
9. Дождаться установившегося температурного режима (по стабильности показаний датчика температуры).
10. Зафиксировать показания термометров ТМ1, ТМ2 и датчика температуры.
11. Устанавливать ручку регулировки нагрева в следующие положения в сторону увеличения с интервалов 20 гр С с фиксацией температуры по датчикам ТМ2, ТМ2 и ДТ.
12. Выполнить пункты 11 задания N раз от минимума до 900.
13. Выключить нагреватель. Установить регулятор температуры в наименьшее положение.

14. Зафиксировать данные компьютерной программы.
15. Выключить установку и компьютер.

Датчики давления			
Д1 (ДА 0..900кПа 0.5%)			
100 кПа		5.78 мА	
Д2 (ДИ 0..1000кПа 0.5%)		Д3 (ДИ 0..1000кПа 1%)	
0 кПа	4.00 мА	0 кПа	4.00 мА
Датчики температуры			
Т1 (ДТПЛ)		Т2 (ДТС-50М)	
20.0 °С	1.29 мВ	20.0 °С	54.3 Ом
Т3 (ДТС-50М)			
20.0 °С		54.3 Ом	
Управление			
Уставка давления		Пуск	
75 кПа			
Графики		Выход	

Рисунок 10 – Внешний вид информационной модели компьютера при выполнении данного задания

Практическое занятие № 7

Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Изучение работы оператора по исследованию динамических характеристик терморезистивного преобразователя» на стенде ИПДРТ4 (№ 1)

Цель работы: изучение деятельности человека при выполнении ПЗ по исследованию зависимости показаний термопреобразователя от времени пребывания в среде, температура которой измеряется.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда в [9]). Для выполнения работы используется гидравлическая часть стенда (рис. 11).
2. Включить компьютер, присоединить (проверить подключение) проводов питания и связи с программируемым логическим контроллером (ПЛК).
3. Запустить программу, проконтролировать появление заставки и рабочей таблицы на экране компьютера.
4. Вынуть один из термопреобразователей (ДТ1) из емкости для нагревания.
5. Дождаться выравнивания показаний его температуры и температуры воздуха в лаборатории по показаниям компьютера. Данные о величине температуры воздуха в лаборатории – $T_{Вк}$, занести в таблицу 7.
6. Заполнить емкость нагрева рабочей жидкостью (водой) в следующей последовательности:

- 6.1. Проверить закрытие клапана 2 и 5, открыть краны 1, 3, 4 для подачи воды в емкость для нагревания,
- 6.2. Включить насос на панели управления с помощью переключателя «Насос. Вкл.» (Приложение П2.1). После заполнения емкости до середины длины термопреобразователя закрыть краны 3, 4 и выключить насос.

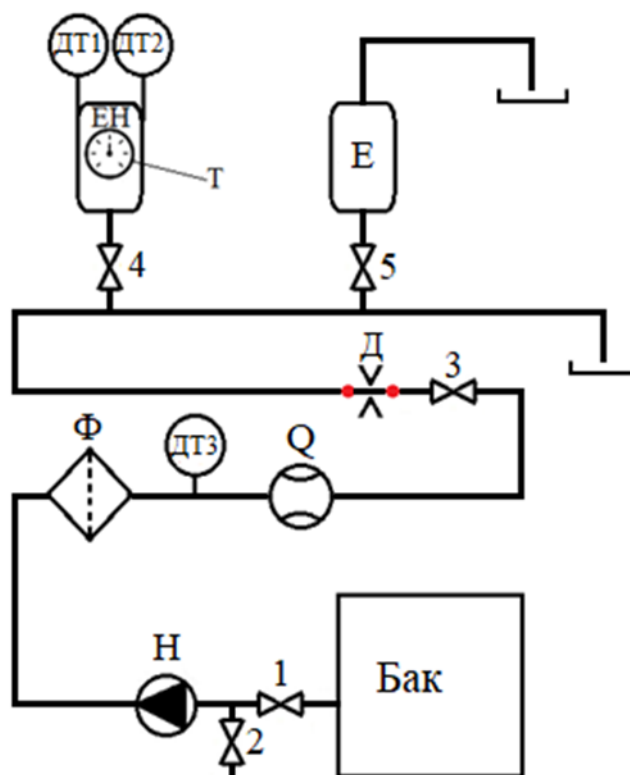


Рисунок 11 – Гидравлическая схема стенда:

1-5 – вентили и краны; *Н* – насос; *Q* – счетчик воды; *Ф* – фильтр; *ДТ1*, *ДТ2*, *ДТ3* – датчики температуры (*ДТ1* и *ДТ2* могут быть извлечены из емкости); *Д* – диафрагма; *Е* – емкость с датчиками; *ЕН* – емкость с нагревателем; *Т* – биметаллический термометр

7. Включить процесс нагрева с помощью переключатель «Нагреватель» и ручки регулятора нагрева.
8. Отключить процесс нагрева по достижении заданной преподавателем температуры и дождаться установления показаний второго термопреобразователя (датчик *ДТ2*).
9. Ввести датчик *ДТ1* в емкость, включить секундомер.
10. По мере прогрева датчика *ДТ1* заносить текущие значения температуры $T_{жi}$ и времени $t_{жi}$ в табл. 8 (секундомер при этом не выключать), рекомендуемый шаг по времени 4-6 сек, первая точка соответствует времени по секундомеру $t = 0$ сек. Процесс продолжать до выравнивания показаний датчика *ДТ1* и датчика *ДТ2* (разность температур не более 1°C). Контроль по показаниям компьютера.
11. Занести показания датчика *ДТ2* в табл. 8 как $T_{жк}$.

12. Выключить секундомер, сбросить его показания.
13. Вынуть датчик ДТ1 из емкости, повесить на стенд так, чтобы с металлический стержень не касался частей стенда.
14. По мере остывания датчика ДТ1 заносить текущие значения температуры $T_{Вi}$ и времени $t_{Вi}$ в табл. 8 (секундомер при этом не выключать), рекомендуемый шаг по времени 10-15 с.
15. Слить воду из емкости, открыв краны 4 и 6.
16. Выключить установку и компьютер.
17. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 7 – Результаты измерения параметров термопреобразователя в воздушной среде

Номер измерения	$t_{В}, \text{с}$	$T_{В}, ^\circ\text{C}$	$F_{В}$
1			
2			
...			
n			
$t_{0В}, \text{с}$		$T_{Вк}, ^\circ\text{C}$	

Таблица 8 – Результаты измерения параметров термопреобразователя в водной среде

Номер измерения	$t_{Ж}, \text{с}$	$T_{Ж}, ^\circ\text{C}$	$F_{Ж}$
1			
2			
...			
$t_{0Ж}, \text{с}$		$T_{Жк}, ^\circ\text{C}$	

Практическое занятие № 8

Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Исследование работы датчика давления деформационного мембранного типа» на стенде ИПДРТ4 (№ 1)

Цель работы: проведение исследований по работе прибора для измерения давления – датчика давления деформационного мембранного типа.

Порядок выполнения практического занятия

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда [9]). Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда (рис. 12). Подключить с помощью шлангов и тройника манометр 1 (М1) и датчик давления 1 (ДД1) к

порту избыточного давления на лицевой панели стенда (см. Приложение П2.1). На схеме рисунка 12 красными точками обозначены места подключения пневмошлангов.

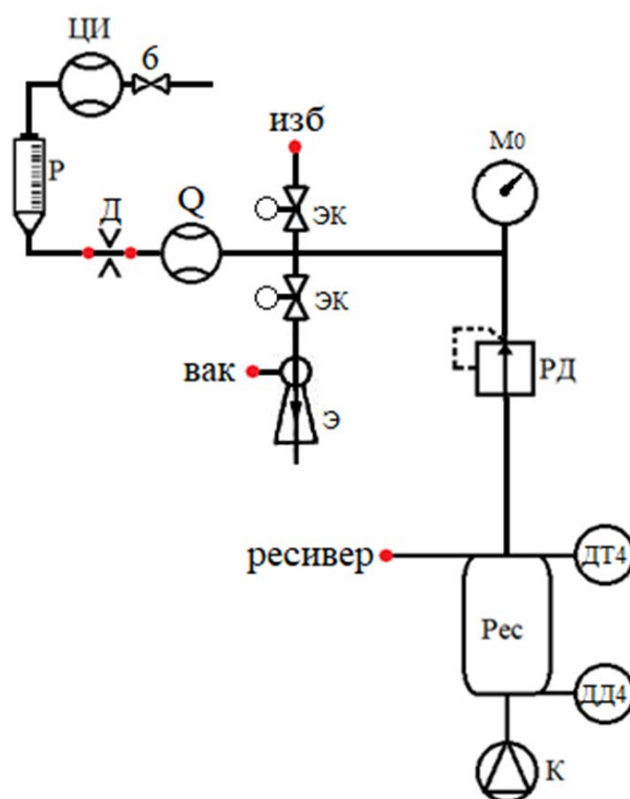


Рисунок 12 – Пневматическая схема стенда:

К – компрессор; *Рес* – ресивер; *ДТ4* – датчик температуры; *ДД4* – датчик давления в ресивере; *РД* – регулятор давления; *М₀* – манометр (находится в блоке «регулятор давления» на лицевой панели стенда); *ЭК* – электромагнитные клапаны; *Э* – эжектор; *Q* – счетчик газа; *Д* – диафрагма; *Р* – ротаметр; *ЦИ* – расходомер воздуха с цифровой индикацией; *6* – вентиль (находится рядом с табло показаний расходомера воздуха с цифровой индикацией); *изб*, *ВАК* – порты избыточного давления и разрежения соответственно (находятся в блоке «режим работы компрессора»); *ресивер* – порт подключения к ресиверу

2. В процессе выполнения ПЗ замерять временные характеристики с помощью секундомера.

3. С помощью кабеля и разъема USB-PC к стенду подключить ноутбук с управляющей программой.

4. Запустить программу с помощью ярлыка на рабочем столе ноутбука. При запуске программы отображается мнемосхема, представленная на рисунке 13.

5. Включить компрессор с помощью выключателя «Компрессор», включить переключатель режимов работы компрессора в положение «Избыточное давление».

6. С помощью регулятора давления установить величину давления 0,1 МПа. Контролировать показания величины давления по манометру и по ИМ компьютера.

7. Последовательно с интервалом 1 мин. с помощью регулятора давления увеличить значение давления на 0,1 МПа до достижения давления 0,5 МПа.

8. Выключить компрессор. Сбросить давление из системы с помощью вентиля 6.

9. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Датчики температуры			
Т1 (ДТС-100М)		Т2 (ДТС-100М)	
20.0 °С	108.6 Ом	20.0 °С	108.6 Ом
Т3 (ДТС-100М)		Т4 (ДТС-100М)	
20.0 °С	108.6 Ом	20.0 °С	108.6 Ом
Датчики давления			
Д1 (ДА 0..900кПа 0.5%)		Д2 (ДИ 0..1000кПа 0.5%)	
100 кПа	5.78 мА	0 кПа	4.00 мА
Д3 (ДИ 0..100кПа 0.5%)		Д4 (ДА 0..900кПа 0.5%)	
0 кПа	4.00 мА	100 кПа	5.78 мА
Датчики расхода			
Датчик расхода воздуха		Датчик расхода воды	
0.0 л/мин	4.00 мА	0.0 л/мин	0.0 имп/с
Время наполнения		Графики	
0:0:0	Сброс		
Выход			

Рисунок 13 – Скриншот управляющей программы

Практическое занятие № 9

Исследование алгоритма деятельности человека при выполнении ПЗ «Сравнительный анализ показаний рабочих и образцовых манометров» на стенде ДД-ИПД-011 (№ 2)

Целью практического занятия является исследование алгоритма деятельности человека при сравнении показаний 2-х манометров при одном и том же значении давления с показаниями образцового манометра (датчика давления).

Порядок выполнения задания

1. Подключить провод питания ноутбука и провод передачи данных от ноутбука к стенду.

2. Проверить и при необходимости установить выключатели «Нагрев» и «Компрессор» в положение «ВЫКЛ».

3. Установить «Регулятор давления» в положение «0» (ручку влево).

4. Переключатель режима работы компрессора установить в положение «ИЗБЫТОЧНОЕ».
5. Подать питание на стенд выключателем «Вводной автомат».
6. Включить ноутбук, запустить программу.
7. Зафиксировать показания манометров М1, М2 и датчика давления ДД2 и записать данные в таблицу 9.
8. Включить компрессор, дождаться его автоматического отключения.
9. Установить регулятором давления значение 0,1 МПа. Контроль вести по показанию датчика ДД2 на информационной модели управляющей программы компьютера (рис. 14).
10. Увеличивая давление с шагом 0,1 Мпа и интервалом времени 1 мин., провести необходимые измерения. Максимальное давление в ресивере измерений не должно превышать 400 КПа.
11. Остановить установку и сбросить избыточное давление в ресивере, нажав кнопку «СТОП».
12. Выключить установку. Установить ручки управления в первоначальное состояние.
13. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 9 – Результаты сравнительного анализа показаний рабочих и образцовых манометров

	Класс точности	$P_{\max}$	P_1	P_2	...				P_n
ДД2	0,5%	-							
М1	0,6%	1МПа							
М2	1,0%	1МПа							
$\Delta 1$	-	-							
$\Delta 2$	-	-							
$\delta 1$	-	-							
$\delta 2$	-	-							
$\gamma 1$	-	-							
$\gamma 2$	-	-							

Датчики давления			
Д1 (ДА 0..900кПа 0.5%)			
100 кПа		5.78 мА	
Д2 (ДИ 0..1000кПа 0.5%)		Д3 (ДИ 0..1000кПа 1%)	
0 кПа	4.00 мА	0 кПа	4.00 мА
Датчики температуры			
Т1 (ДТПЛ)		Т2 (ДТС-50М)	
20.0 °С	1.29 мВ	20.0 °С	54.3 Ом
Т3 (ДТС-50М)			
20.0 °С		54.3 Ом	
Управление			
Уставка давления		Пуск	
75 кПа			
Графики		Выход	

Рисунок 14 – Фрагмент информационной модели управляющей программы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р ИСО 7250-1-2013. Эргономика. Ч. 1. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. Определение и основные антропометрические точки. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 28 с. – Текст: непосредственный.
2. ГОСТ Р 56620.2-2015. Эргономика. Ч. 2. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. Статистические данные национальных совокупностей. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 58 с. – Текст: непосредственный.
3. ГОСТ Р ИСО 7250-3-2019. Эргономика. Ч. 3. Основные антропометрические измерения для технического проектирования. Международные и региональные данные для использования в стандартах на продукцию. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 41 с. – Текст: непосредственный.
4. ГОСТ Р ИСО 1503-2014. Эргономика. Требования к пространственной ориентации и направлениям движения органов управления. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 40 с. – Текст: непосредственный.
5. ГОСТ 23000-78 Система "Человек-машина". Пульты управления. Общие эргономические требования. – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 12 с. – Текст: непосредственный.
6. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 16 с. – Текст: непосредственный.
7. Шибанов, Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника / Г. П. Шибанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с. – Текст: непосредственный.
8. Рожков, В. И. Метрология, технические измерения и автоматизация: практикум по проведению лабораторных работ на лабораторно-исследовательском стенде ДД-ИПД-011-9ЛР. Ч. 1 / В. И. Рожков, М. И. Щагина; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 45 с. – Текст: непосредственный.
9. Буйлов, Г. П. Метрология, технические измерения и автоматизация: практикум по проведению лабораторных работ на лабораторно-исследовательском стенде ИПДРТ4. Ч. 2 / Г. П. Буйлов; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 61 с. – Текст: непосредственный.
10. Рожков, В. И. Эргономика в АСУ ТП в ЦБП: учебно-методическое пособие для практических занятий / В. И. Рожков; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2018. – 34 с. – Текст: непосредственный.
11. Рожков, В. И. Эргономика в автоматизированных системах управления технологическими процессами: учебно-практическое пособие / В. И. Рожков; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2018. – 105 с. – Текст: непосредственный.
12. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытания: справочник / А. Н. Адаменко, А. Т. Ашеро́в и др.; под общ. ред. А. И. Губинского и В. Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с. – Текст: непосредственный.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение П1



Рисунок П1.1 – Внешний вид лабораторного стенда ИПДРТ4 (№ 1) «Датчики давления»

Приложение П2



Рисунок П2.1 – Органы управления и средства отображения информации лабораторного стенда ДД-ИПД-011 (№ 2)

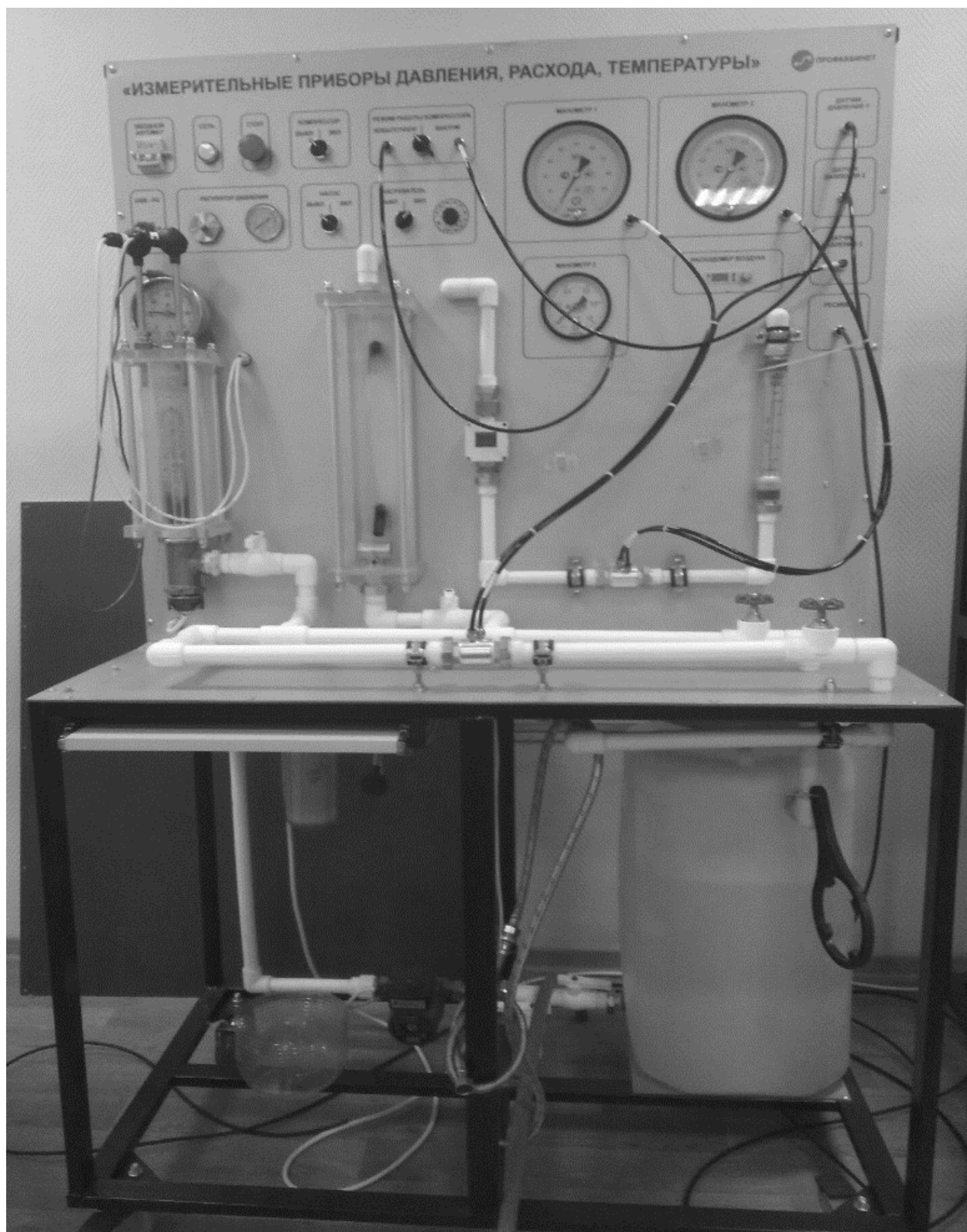


Рисунок П2.2 – Внешний вид лабораторного стенда ДД-ИПД-011 (№ 2)



Рисунок П2.3 – Органы управления и средства отображения информации лабораторного стенда ДД-ИПД-011 (№ 2) (вид сбоку)

Приложение ПЗ



Рисунок ПЗ.1 – Внешний вид лабораторного стенда автоматизации (№ 3)



Рисунок ПЗ.2 – Органы управления и средства отображения информации лабораторного стенда автоматизации (№ 3)

Приложение П4

*Форма титульного листа отчета по выполнению контрольной работы
(практического задания)*

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ
Кафедра автоматизации технологических процессов и производств**

Отчет по выполнению практического задания
Тема: *Название практического задания*

Выполнил (а): студент (ка) гр. № _____ / _____ /
Проверил: доцент кафедры _____ /В. И. Рожков /
Санкт-Петербург
202__г.

Приложение П5

Исходная таблица для выполнения ПЗ № 1

№ измерения	Наименование признака	Мужчины / Женщины (измерено, ненужное зачеркнуть)					
		М, мм	М, мм	М, мм	М, мм	М, мм	σ, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
ФИО студента (студентки)							
В положении стоя							
1	Длина тела (расчетный рост)						
2	Длина тела с вытянутой вверх рукой						
3	Высота глаз над уровнем пола						
6	Длина руки						
7	Длина руки, протянутой вперед						
8	Длина руки, вытянутой в сторону						
9	Длина редуцированной руки						
10	Высота плечевой точки						
11	Высота пальцевой точки						
12	Наибольший поперечный диаметр						
13	Длина ноги						
14	Длина плеча						
В положении сидя							
4	Ширина плеч						
5	Дельтовидная ширина плеч						
15	Длина тела						
16	Высота глаз						
17	Локтевая ширина						
18	Наибольший диаметр бедер						
19	Высота плеча над полом						
20	Высота локтя над полом						
21	Высота от пола до сиденья						
22	Высота лопаток над сидением						
23	Высота колена						
24	Длина бедра						

Приложение П6

Таблица логарифмов по основанию 2

i	$\log_2 i$	i	$\log_2 i$	i	$\log_2 i$	i	$\log_2 i$
1	0,00000	17	4,08746	33	5,04439	49	5,61471
2	1,00000	18	4,16993	34	5,08746	50	5,64386
3	1,58496	19	4,24793	35	5,12928	51	5,67243
4	2,00000	20	4,32193	36	5,16993	52	5,70044
5	2,32193	21	4,39232	37	5,20945	53	5,72792
6	2,58496	22	4,45943	38	5,24793	54	5,75489
7	2,80735	23	4,52356	39	5,28540	55	5,78136
8	3,00000	24	4,58496	40	5,32193	56	5,80735
9	3,16993	25	4,64386	41	5,35755	57	5,83289
10	3,32193	26	4,70044	42	5,39232	58	5,85798
11	3,45943	27	4,75489	43	5,42626	59	5,88264
12	3,58496	28	4,80735	44	5,45943	60	5,90689
13	3,70044	29	4,85798	45	5,49185	61	5,93074
14	3,80735	30	4,90689	46	5,52356	62	5,95420
15	3,90689	31	4,95420	47	5,55459	63	5,97728
16	4,00000	32	5,00000	48	5,58496	64	6,00000

Приложение П7.1

Таблица расположения СОИ и ОУ на стенде

№ п.п.	Наименование СОИ (ОУ) ПУ	Размер СОИ (ОУ) ПУ (мм) и координаты относительно точки 0 (мм)	Примечание
1	Манометр 1(Название)	М160, 510х325	
2	Кнопка «Вкл. Питания»	30х25, 115х580	

Приложение П7.2

Таблица расположения СОИ и ОУ на модифицированном стенде

№ п.п.	Наименование СОИ (ОУ) ПУ	Размер СОИ (ОУ) ПУ (мм) и координаты относительно точки 0 (мм)	Примечание
1	Манометр 1(Название)	М160, 510х325	
2	Кнопка «Вкл. Питания»	30х25, 115х580	

Приложение П8

Контрольный лист К практическому занятию по оценке АД человека-оператора

Студент (студентка) _____

Группа _____

№ операции	Тип ТФЕ	Действия оператора	Время выполнения операции, сек	Наличие ошибки
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Контролер _____ Дата _____

Приложение П9

Методика расчета времени выполнения типовой операции по совокупности опытов

При проведении серии опытов необходимо измерить значение величины времени выполнения каждой типовой функциональной единицы, а по результатам замеров временных характеристик всех ТФЕ всей подгруппой вычислить их дисперсию и среднеквадратическое отклонение СКО. Вычисление этих величин необходимо для определения их количественных значений для использования в последующих расчетах алгоритмов деятельности операторов.

Для достижения заданной цели необходимо выполнить следующие операции:

1. Построить алгоритм деятельности с использованием ТФЕ ОСМ и изобразить его на бумаге в виде функциональной сети.
2. Произвести пошаговое выполнение алгоритма деятельности с измерением времени выполнения каждой типовой функциональной единицы.
3. Записать временные характеристики АД каждого члена подгруппы в табличном виде.

После получения серии опытов по выполнению АД требуется рассчитать среднее время выполнения каждой операции (ТФЕ) по формуле вычисления среднего арифметического значения параметра (1):

$$M(T)_{cp} = \sum M(T_i)/n \quad (1)$$

В результате проведения серии замеров будет получено множество количественных характеристик времени выполнения АД. На основании полученных данных необходимо провести вычисления по формулам (2) и (3).

$$\bar{X}_B = \frac{M_1(T) * n_1 + M_2(T) * n_2 + ... M_n(T) * n_n}{n} \quad (2)$$

$$D_B(T) = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{X}_B)^2}{n-1} \quad (3)$$

Пример расчета величины выборочной дисперсии по полученным данным приведен ниже.

Пример. Выборочная совокупность задана таблицей распределения

№ чел	1	2	3	4
M(t _i) ТФЕ, сек	20	15	10	5

Найти выборочную дисперсию времени выполнения АД.

Решение. Найдем M(T)_{cp} по формуле (1): M(T)_{cp} = 12,5 сек.

Выборочную среднюю величину вычислим по формуле (2): $\bar{X}_b = 25$ сек.
и выборочную дисперсию по формуле (3): $D_b(T) = 250 \text{ сек}^2$

Кроме дисперсии для характеристики рассеяния значений признака выборочной совокупности вокруг своего среднего значения пользуются сводной характеристикой – средним квадратическим отклонением.

Выборочным среднеквадратическим отклонением (стандартом) называют квадратный корень из выборочной дисперсии:

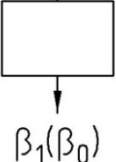
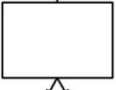
$$\sigma = \sqrt{D_b(T)} \quad (4)$$

В нашем случае $\sigma = \pm 15,81$ сек.

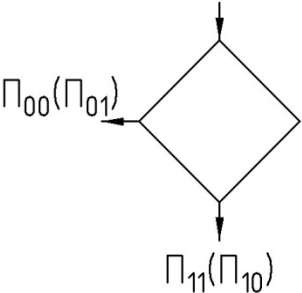
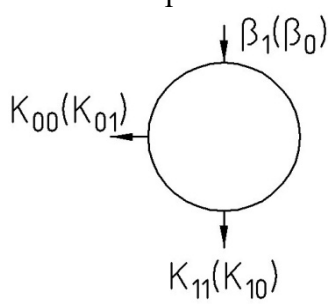
В результате проведенных замеров полученные опытным путем временные характеристики можно использовать в учебном процессе для оценки качества практической подготовки при проведении практических занятий.

Приложение П10

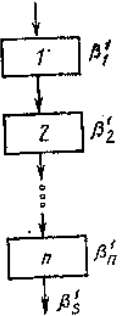
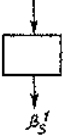
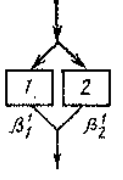
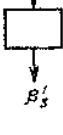
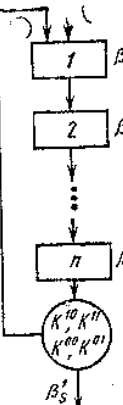
Основные типовые функциональные единицы ОСМ

Функциональная единица деятельности и ее графическое изображение	Характеристики безошибочности		Характеристики быстродействия	
	название	условное обозначение	название	условное обозначение
Рабочая 	Вероятность безошибочного выполнения	β_1	Математическое ожидание времени выполнения	$M(T), c$
	Вероятность выполнения с ошибкой	β_0	Дисперсия времени выполнения	$D(T), c^2$
Логическая 	Вероятность безошибочного выбора исхода I при фактической необходимости его выбора	β_{11}		
	Вероятность ошибочного выбора исхода II при фактической необходимости выбора исхода I	β_{12}	Математическое ожидание времени выполнения	$M(T), c$
	Вероятность безошибочного выбора исхода II при фактической необходимости его выбора	β_{22}	Дисперсия времени выполнения	$D(T), c^2$
	Вероятность ошибочного выбора исхода I при фактической необходимости выбора исхода II	β_{21}		
Задержка 	Вероятность безошибочного перехода к задержке	β_1	Математическое ожидание времени выполнения,	$M(T) c$
	Вероятность ошибочного перехода к задержке	β_0	Дисперсия времени выполнения	$D(T) c^2$
	Циклоформирователь определяет количество циклов выполнения однотипных операций		$n=...$	

Приложение П11

агностический контроль 	Вероятность признания техники исправной при фактической ее исправности	P_{11}	Математическое ожидание времени выполнения	$M(T), c$
	Вероятность признания техники неисправной при фактической ее исправности	P_{10}	Дисперсия времени выполнения	$D(T), c^2$
	Вероятность признания техники неисправной при фактической ее неисправности	P_{00}	Вероятность нахождения техники в исправном состоянии	β_1
	Вероятность признания техники исправной при фактической ее неисправности	P_{01}	Вероятность нахождения техники в неисправном состоянии	β_0
Функциональный контроль 	Вероятность признания выполнения единиц правильным при фактически правильном их выполнении	K_{11}	Математическое ожидание времени выполнения	$M(T), c$
	Вероятность признания выполнения единиц неправильным при фактически правильном их выполнении	K_{10}	Дисперсия времени выполнения	$D(T), c^2$
	Вероятность признания выполнения единиц неправильным при фактически неправильном их выполнении	K_{00}	Вероятность без ошибочного выполнения единиц, которые контролируются	β_1
	Вероятность признания выполнения единиц правильным при фактически неправильном их выполнении	K_{01}	Вероятность ошибочного выполнения единиц, которые контролируются	β_0

Основные формулы для расчета типовых функциональных единиц ОСМ

№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
1	Блок последовательно выполняемых основных (рабочих) единиц			$\beta_s^1 = \prod_{i=1}^n \beta_i^1;$ $\beta_s^0 = 1 - \beta_s^1;$ $M(T) = \sum_{i=1}^n M(T_i);$ $D(T) = \sum_{i=1}^n D(T_i)$
2	Блок параллельно выполняемых основных (рабочих) единиц с окончанием по выполнению одной из них или обеих			$\beta_s^1 = \beta_1^1 \beta_2^1;$ $\beta_s^0 = 1 - \beta_s^1;$ $T = \min [T_1, T_2]$ или $T = \max [T_1, T_2].$
3	Блок последовательно выполняемых основных (рабочих) единиц с единым функциональным контролем (РК1)			$\beta_s^1 = \frac{\beta_p^1 K^{11}}{1 - (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ $\beta_s^0 = 1 - \beta_s^1; \quad M(T) = [M(T_p) + M(T_\phi)] \times M(L),$ где $M(L) =$ $= \frac{1}{1 - (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ L — число циклов; $D(T) = D(L) [M(T_p) + M(T_\phi)]^2 + [D(T_p) + D(T_\phi)] M(L),$ где $DL =$ $= \frac{\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00}}{[1 - (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})]^2}.$

Учебное издание

Рожков Владимир Иванович

Эргономика в АСУ ТП
Практические занятия на стендах ИПДРТ4
и ДД-ИПД-011

Учебно-методическое пособие

Редактор и корректор А. А. Чернышева
Техн. редактор Д. А. Романова

Учебное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 23.11.2023 г. Рег.№ 5035/22

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.