

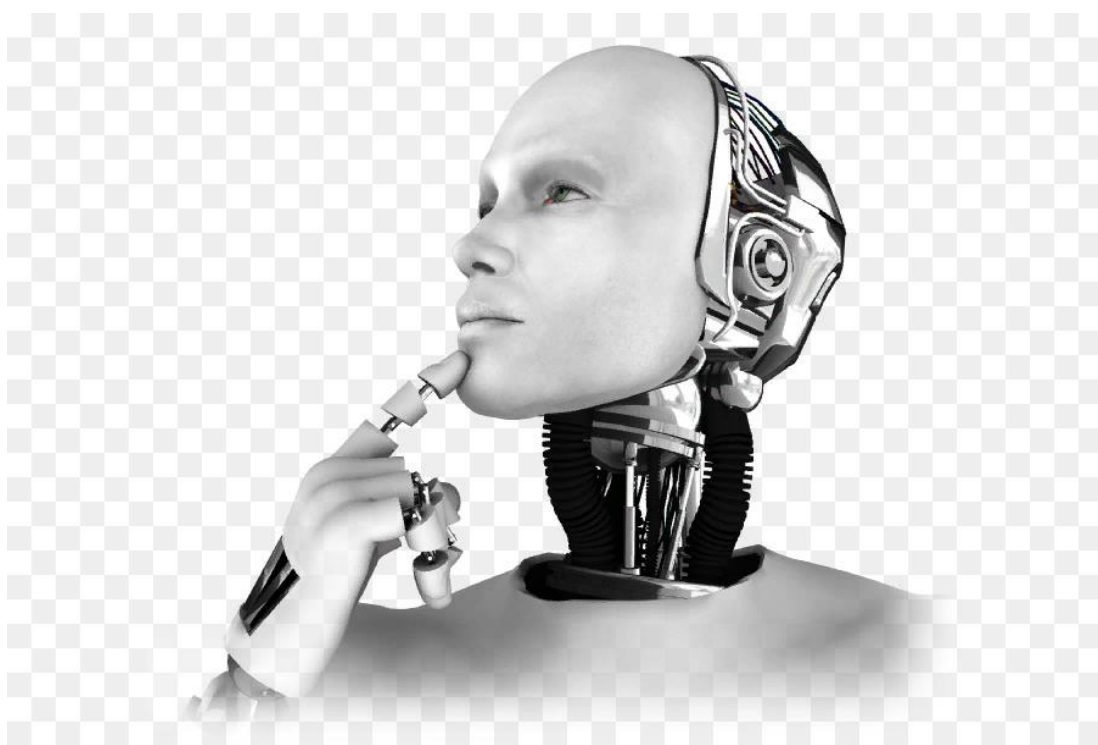
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

В.И. Рожков

**ЭРГОНОМИКА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Учебно-практическое пособие



**Санкт-Петербург
2018**

УДК 331.101.1(075)
ББК 30.17я7
Э748

Эргономика в автоматизированных системах управления технологическими процессами: учебно-практическое пособие /сост. В.И. Рожков; ВШТЭ СПбГУПТД, СПб., 2018.- 105 с.
ISBN 978-5-91646-157-2

В учебно-практическом пособии приведен перечень заданий по эргономике, по построению алгоритмов деятельности операторов, обслуживающих аппаратуру АСУ ТП, и по проведению расчетов показателей качества, надежности и эффективности деятельности человека-оператора в системах «человек-машина».

Учебно-практическое пособие предназначено для студентов по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Рецензенты:

профессор кафедры информационных технологий СПбГЭТУ «ЛЭТИ» д-р техн. наук П.И. Падерно, заслуженный деятель науки РФ;

профессор зав. кафедры информационно-измерительных технологий и систем управления ВШТЭ канд. техн. наук В.И. Сидельников.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой «Автоматизации технологических процессов и производств» Института автоматизации и энергетики Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД (протокол № 2 от 22.11.2018 г.)

Утверждено к изданию методической комиссией Института автоматизации и энергетики Высшей школы энергетики и технологии СПбГУПТД (протокол № 4 от 18.12.2018 г.)

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Высшей школы энергетики и технологии СПбГУПТД в качестве учебно-практического пособия

ISBN 978-5-91646-157-2

© Высшая школа энергетики и технологии
Санкт-Петербургского государственного
университета промышленных технологий
и дизайна, 2018

© Рожков В.И., 2018

Введение

В учебно-методическом пособии по проведению практических занятий по дисциплине «Эргономика в автоматизированных системах управления технологическими процессами целлюлозно-бумажной промышленности» было рассмотрено несколько занятий, проводимых в лаборатории кафедры АТП и П, на которых студенты получили практические навыки в построении алгоритмов деятельности (АД) операторов, проведении хронометража элементарных операций, выполняемых человеком в процессе выполнения им деятельности, проведению расчетов полученных функциональных структур. Изучение деятельности специалистов проводилось на простых лабораторных стендах, что позволило студентам получить минимальный набор навыков в рамках изучаемой дисциплины.

Широкое внедрение компьютерной и микропроцессорной техники в автоматизацию технологических процессов не уменьшило, а увеличило потребность применения эргономических разработок. Это вызвано интенсификацией процессов, протекающих в АСУ ТП, необходимостью четкого осознания и понимания оператором процессов, протекающих в системах управления, необходимостью своевременного принятия им ответственных управленческих решений не только в процессе контроля за протеканием штатного технологического процесса, но и во время обнаружения нештатных и аварийных ситуаций.

Качество работы человека в современных системах «человек-машина» (СЧМ) в первую очередь определяется эффективностью проводимого им информационного поиска, своевременностью и правильностью принятия решений, а также адекватностью концептуальной модели деятельности реальным условиям эксплуатации системы.

Большое значение в этом случае приобретают эргономически грамотно разработанные интерфейсы АСУ, учитывающие не только психофизиологические особенности человека, но и уровни его знаний, навыков и умений по управлению АСУ ТП, особенности его реакции на появление отклонений от штатной работы техники.

Эффективность функционирования любой АСУ ТП в значительной степени зависит от надежности самой техники. Однако немаловажную роль в общем функционировании систем играет так называемый «человеческий фактор». От действий человека-оператора, действующего в условиях

воздействия на него внешних факторов, от правильности распределения функций между человеком и машиной зависит конечный результат функционирования СЧМ.

Для привития студентам навыков работы с современной микропроцессорной техникой предлагается выполнить несколько практических заданий в лаборатории кафедры АТП и П, изложенных в данном учебно-практическом пособии по дисциплине «Эргономика в АСУ ТП», которая посвящена более сложной деятельности операторов, применяющих электронную микропроцессорную технику, имеющую органы управления и средства отображения информации в виде информационных моделей, отображающих протекание технологического процесса.

Для оценки качества деятельности операторов АСУ ТП студентам потребуются совершенствовать навыки правильного построения и формализации алгоритмов деятельности операторов, умение использовать существующие или полученные опытным путем количественные характеристики типовых функциональных единиц. В условиях проведения практических занятий на лабораторной базе кафедры получение количественных характеристик ТФЕ является одной из целей занятий.

Для студентов, включающихся в процесс подготовки и изучения дисциплины «Эргономика в АСУ ТП», важным условием ее освоения является необходимость изучения основной специальности по профилю подготовки в вузе. При этом особенностью изучения настоящей дисциплины является то, что студент должен обращать внимание на **деятельность оператора АСУ ТП** при выполнении им своих функциональных задач.

В качестве способа построения алгоритмов деятельности операторов и получения количественных значений качества функционирования СЧМ предлагается применить обобщенный структурный метод, ориентированный на формализацию процесса функционирования СЧМ в целом, т.е. как действий человека, так и функционирования технической части (машины). При вычислении показателей используется функциональная структура на уровне системы (структура задач) и на уровне задачи (структурные операции). Функциональные структуры приводятся к единому виду за счет универсального аппарата функциональных сетей (ФС). Аппарат функциональных сетей является достаточно мощным и универсальным средством моделирования и оценки для класса СЧМ, позволяющий учитывать специфические особенности поведения человека-оператора и

используемые им машинные средства (технику, программы, информацию). Функциональные сети объединяют процедурную компоненту (собственно функциональную сеть) и декларативную компоненту (семантическую сеть).

Для производства расчетов по составленным алгоритмам деятельности предлагается использовать 2 варианта:

1. Ручной расчет качества функционирования АД.
2. Программу расчета на основании программы Excel.

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 принципы алгоритмизации при изучении деятельности человека-оператора в АСУ ТП, правилам построения алгоритмов деятельности с использованием типовых функциональных единиц обобщенного структурного метода.
3. Научить навыкам хронометража и сбора исходных данных по рабочим и контрольным операциям при выполнении оператором своих задач, методам последующей обработки результатов.

Организация проведения практических занятий

При выполнении работы в группе каждый студент исполняет роль испытуемого (оператора), выполняет указанное практическое задание, а один из студентов подгруппы выполняет роль контролера, ведет хронометраж времени и заполнение бланка «Контрольного листа».

Инструмент и принадлежности

1. При проведении работ в качестве объекта исследования используются существующие лабораторные установки кафедры АТП и П.
2. Для проведения хронометража использовать секундомеры с функцией фиксации промежуточных значений.

Перед началом занятий учебная группа делится на подгруппы по 2-3 человека, получают учебные материалы по практическим занятиям. Выделяется время для ознакомления с лабораторной установкой, ее устройством, расположением органов управления и индикации. Испытуемые заполняют контрольные листы (Приложение 1). Один из студентов выступает в роли контролера, остальные студенты в роли испытуемых. В

процессе выполнения задания контролеры и испытуемые меняются местами. Преподаватель производит инструктаж перед выполнением работы.

Хронометраж времени выполнения задания

При выполнении испытуемым (оператором) задания контролер выполняет хронометраж по каждой операции, отмечает ошибки оператора, все данные о проведении лабораторной работы заносятся в бланк «Контрольного листа» (Приложение 1), который после завершения задания предъявляется для проверки преподавателю, подписывается им и впоследствии прикладывается к отчету о выполнении практического задания.

Результаты практических занятий

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

1. Описание деятельности оператора при выполнении им данной задачи.
2. Алгоритм деятельности (АД) оператора в типовых функциональных единицах (ТФЕ) обобщенного структурного метода (ОСМ) (Приложение 2)
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 Excel. Если использовался ручной метод расчета по формулам (Приложение 3), то прикладываются черновики расчетов. Если использовался программный комплекс (Приложение 5), то прикладываются результаты расчетов и «свертки» типовых функциональных структур (ТФС).
5. Формулируются выводы и рекомендации по работе.

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

Для получения зачета по выполненной работе производится защита у преподавателя путем опроса по проделанной работе по темам 3,4 рабочей программы дисциплины «Эргономика в АСУ ТП».

Общие требования к оформлению отчета

1. На титульном листе должны быть указаны наименование университета, кафедры, название работы, фамилия студента и номер группы, год (Приложение 3).
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 2 и 3.
3. Расчеты выполняются ручным способом с применением формул или с помощью программы Excel (Приложение 5), результаты расчетов сводятся в таблицы.
4. При заполнении отчета указать исходные данные по выполнению практического задания, представить схему лабораторной установки, органы управления и индикации, применяемые при ее выполнении.
5. Результаты замеров временных параметров прилагаются к отчету в виде Контрольного листа (Приложение 1), а результаты расчетов прикладываются в приложении к отчету в виде заполненных таблиц Excel. В итоговой таблице приводятся окончательные результаты расчетов.
6. Формулы для расчетов можно привести в Приложении.
7. Оформить отчет.

ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ АЛГОРИТМА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСПЕТЧЕРА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

В качестве примера рассмотрим АД оператора системы диспетчеризации газораспределительной сети [3]. С этой целью приведем описание выполнения им определенной задачи, представим интерфейс монитора, на котором оператор выполняет свою задачу.

В процессе осуществления контроля за появлением нештатной ситуации оператор периодически осматривает информационную модель (ИМ) интерфейса с целью определения появления сигнала (рис.1). В момент появления такого сигнала загорается индикатор «Активная тревога: 1» (ТФЕ1). Оператор наводит курсор «мыши» на плитку ПЭУ

(Производственно-эксплуатационный участок) (рис. 1, ТФЕ 2) и нажимает на индикатор «Активная тревога: 1». Интерфейс переключается на экран «ПЭУ...». Оператор перемещает курсор «мыши» на строку верхнего меню «Текущие тревоги», переходит на эту страницу интерфейса, считывает аварийное сообщение и номер ГРП. После оценки нештатной ситуации оператор переводит курсор «мыши» на индикатор верхнего меню «ПЭУ...». Интерфейс переключается на экран «ПЭУ...». После чего оператор ищет нужный ГРП путем последовательного переключения экранов страниц (от 1-го до 10-го) с помощью «мыши», пока не найдет тот ГРП, в котором эта нештатная ситуация появилась.

После оценки состояния технологического оборудования и протекания процесса подачи газа потребителю оператор наводит курсор «мыши» на индикатор «Сообщение», переходит на эту страницу интерфейса и напротив интересующего его сообщения в поле  ставит «галочку».

С помощью курсора «мыши» оператор выбирает индикатор «Тренды» (или «Графики параметров») и проводит контроль состояния параметров газа. Оценивает историю события, текущее состояние оборудования и параметров газа. По результатам принимает решение о выработке стратегии действий в ходе ликвидации нештатной ситуации. После этого оператор сообщает главному диспетчеру о нештатной ситуации (аварии) и предложения по их устранению.

Главный диспетчер, приняв информацию, вызывает на экран своего монитора аварийный ГРП, проверяет правильность диагностики оператором нештатной ситуации, правильность принятого решения, утверждает его и начинает оформлять допуск для аварийной бригады. Оператор делает запись о появившейся аварии, принятых мерах, вызывает старшего аварийной группы в диспетчерскую. По прибытии старшего аварийной группы главный диспетчер выдает ему заказ-наряд, инструктирует о порядке выполнения аварийно-восстановительных работ.

В процессе устранения нештатной ситуации оператор-диспетчер проверяет параметры газа, состояние оборудования на экране монитора, находясь на прямой связи по телефону с аварийной группой. Отмечает время ее прибытия на объект, время устранения неисправности, время ее убытия с объекта и возвращения в диспетчерский пункт. Обо всех действиях аварийной группы и работе оборудования докладывает главному диспетчеру.

Для понимания сути происходящего ниже приведены скрин-шоты интерфейса монитора, по которым оператор осуществляет мониторинг состояния АСУ ТП и выполняет управляющие воздействия (рис.1-3).

Описанный в словесной форме алгоритм деятельности оператора по данной нештатной ситуации, представленный с помощью ТФЕ ОСМ, изображен на рис.4, расшифровка алгоритма деятельности оператора дана в табличной форме (табл. 1). При проведении расчета АД производится выбор количественных значений ТФЕ из справочников или производится хронометраж единичных типовых операций алгоритма деятельности (в случае наличия такой возможности).

В программе Excel составляются таблицы исходных данных, вводятся показатели функционирования АСУ ТП (из справочников), составляются формулы для расчета. Расчет может быть произведен с использованием программы, представленной в Приложении 5. Производится поэтапный расчет итоговых количественных характеристик АД путем «свертки». Результатом вычислений являются конечные показатели качества функционирования (табл. 2).

По результатам расчетов необходимо сделать выводы, сформулировать рекомендации по улучшению качества АД или структуры деятельности.

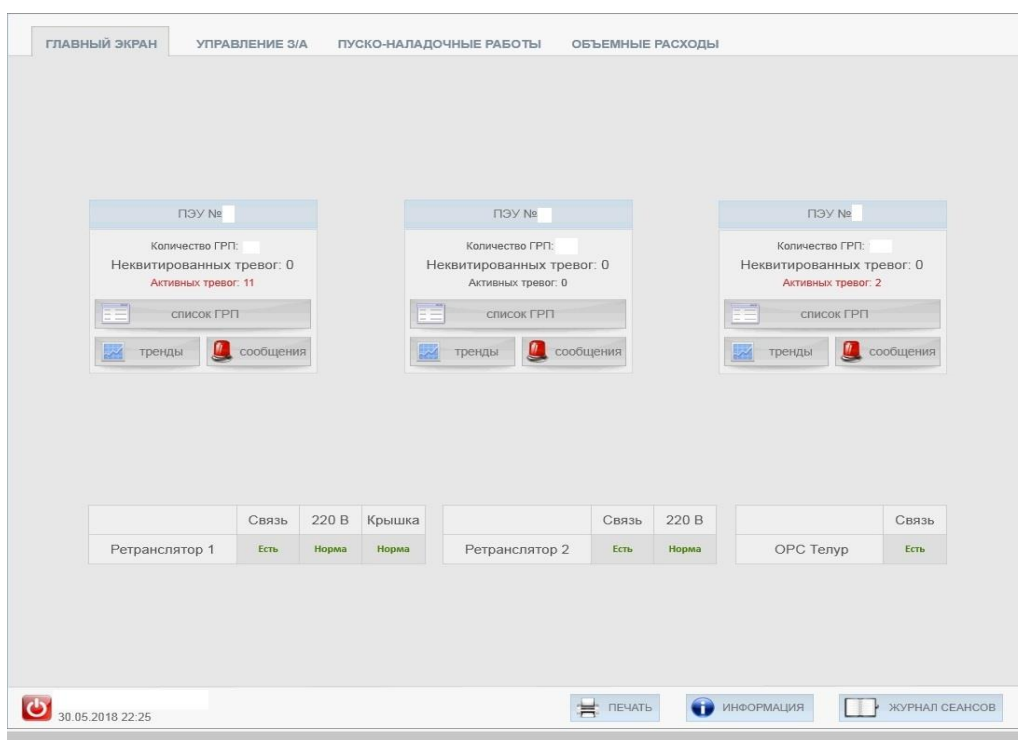


Рис 1. Основной экран монитора (интерфейс)

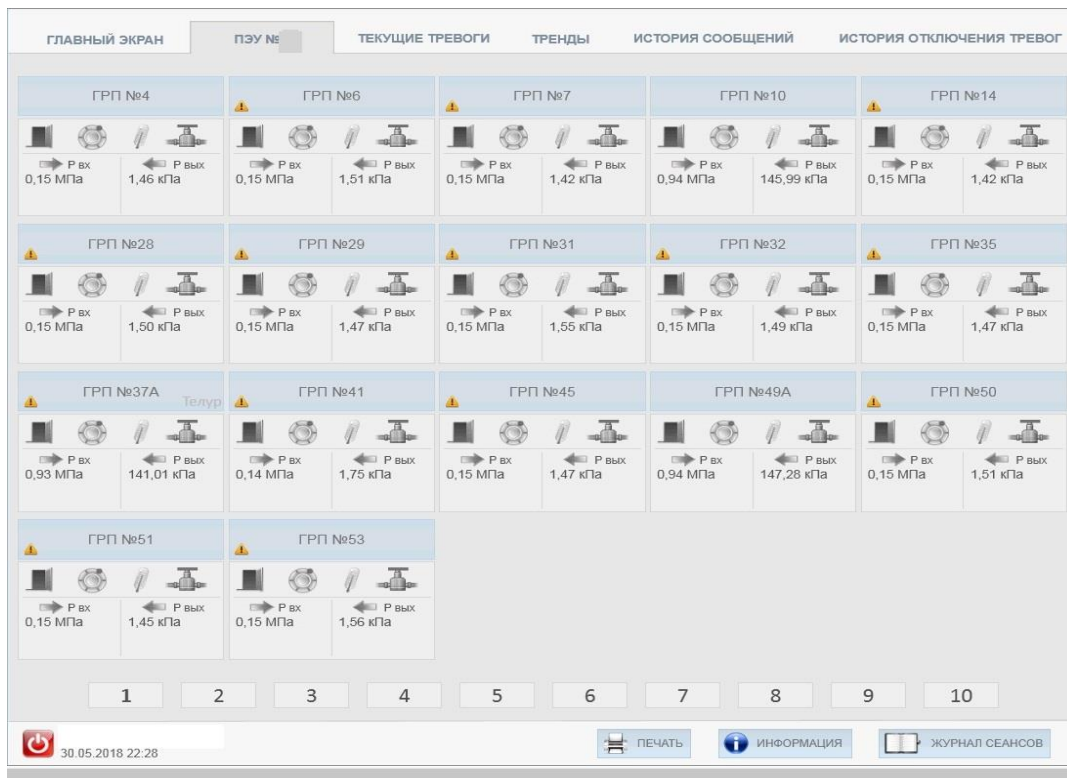


Рис.2. Экран ПЭУ

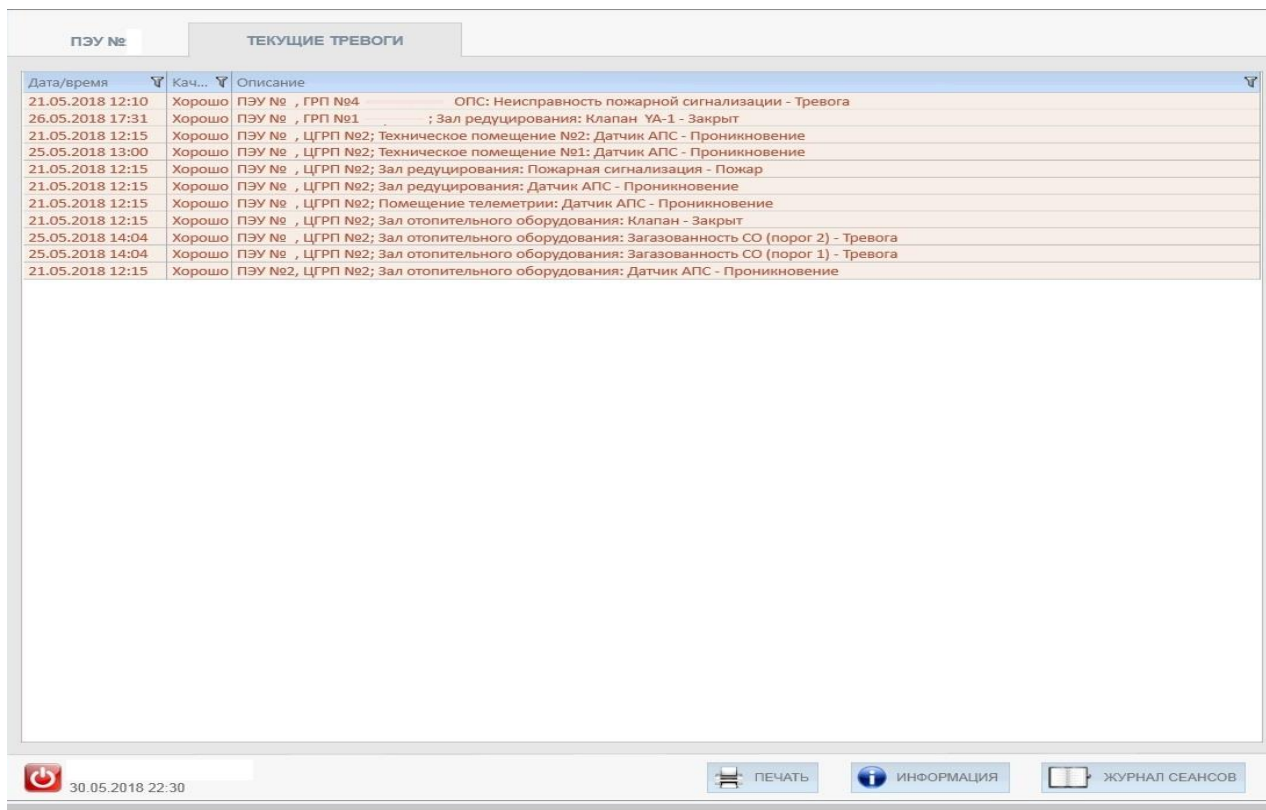


Рис. 3. Экран тревог

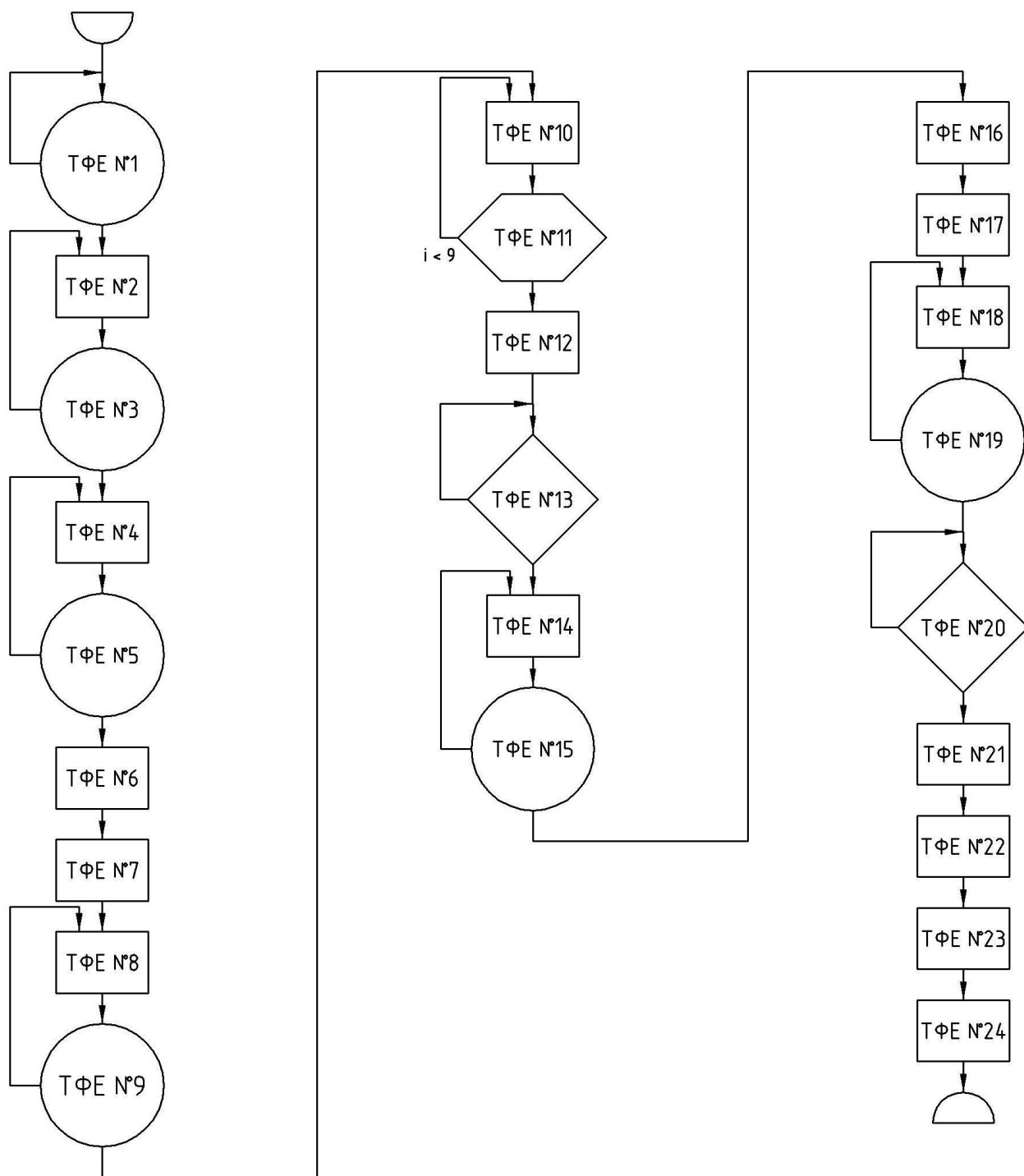


Рис.4. Алгоритм деятельности оператора по нештатной ситуации "Низкое выходное давление"

Таблица 1

Расшифровка алгоритма деятельности оператора по нештатной ситуации
"Низкое выходное давление" с количественными значениями ТФЕ.

№ ТФЕ	Действия оператора по существующему алгоритму	Параметры для расчета количественных характеристик деятельности оператора		
		вероятность безошибочного и своевременного выполнения операции, β_i	время выполнения операции, M_i , с	дисперсия времени выполнения операции, D_i , с
1	2	3	4	5
1	Контроль за появлением сигнала «Нештатная (аварийная) ситуация»	0,998	3,0	1,0
2	Установка курсора «мыши» на индикаторе «Активная тревога: 1» и нажатие кнопки	0,998	2,0	0,5
3	Контроль переключения страницы интерфейса на «ПЭУ»	0,998	2,5	0,7
4	С помощью «мыши» выбор индикатора «Текущие тревоги» и нажатие кнопки	0,998	2,0	0,5
5	Контроль открытия страницы меню «Текущие тревоги»	0,998	2,5	0,7
6	Считать аварийное сообщение и № ГРП	0,998	3,0	0,6
7	Квитировать тревогу путем выбора квитирования из пункта контекстного меню	0,998	3,0	0,6
8	Установка курсора «мыши» на пункт верхнего меню "ПЭУ..."	0,998	2,0	0,5
9	Контроль переключения страницы интерфейса на «ПЭУ»	0,998	2,5	0,7
10	Поиск нужной страницы (одной из 10)	0,998	5,0	1,5
11	Цикл выполнения операций $n=9$	9	-	-

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
12	Выбор «мышью» нужного ГРП и нажатие кнопки	0,998	3,0	0,6
13	Диагностика состояния оборудования ГРП и параметров газа	0,998	60,0	10,0
14	Курсором «мыши» выбрать индикатор «Сообщение» и нажать кнопку	0,998	2,5	0,7
15	Контроль открытия страницы меню «Сообщения»	0,998	2,5	0,7
16	Поиск нужного сообщения из представленного списка	0,998	14,0	3,5
17	«Мышь» выбрать нужное сообщение и поставить «V»	0,998	2,0	0,5
18	«Мышь» установить курсор на индикаторе «Тренды» и нажать кнопку	0,998	2,0	0,5
19	Контроль открытия страницы «Тренды» («Графики параметров»)	0,998	2,5	0,7
20	Диагностика подачи газа потребителям, состояния оборудования, работы автоматики	0,998	180,0	30,0
21	Доклад гл. диспетчеру о нештатной ситуации и предложений по ее устранению	0,998	120,0	20,0
22	Получение Задания по устранению неисправности от гл. диспетчера	0,998	120,0	20,0
23	Вызов аварийной бригады по ТЛФ	0,998	90,0	15,0
24	Запись о появлении нештатной ситуации в программу 1С:Предприятие	0,998	180,0	30,0
25	Поддержание связи по ТЛФ, отмечает время прибытия на объект, длительность ремонтных работ, убытие с объекта, прибытие на диспетчерский пункт. Доклад Гл. диспетчеру			

**Итоговый расчет количественной оценки деятельности оператора
с использованием математического аппарата ОСМ**

Итоги расчета АД по существующему интерфейсу		
Вероятность своевремен- ного и безошибоч- ного выполнения алгоритма, β_i	Время выполнения алгоритма, M_i, Сек	Дисперсия времени выполне- ния алгоритма, D_i, Сек
0,937	846	139,5

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 качеству проведения практического занятия.

Перечень практических заданий

Задание 1

Построение алгоритма деятельности оператора по информационной модели интерфейса «Нагрев горячей воды»

На рис.5 представлена информационная модель интерфейса «Нагрев горячей воды». Управление процессом производится с помощью панели управления (правая часть интерфейса), контроль параметров – на левой части интерфейса.

1. Проверка исходного состояния органов управления, систем и приборов.
2. Проверить наличие воды в котле, давления в газовом трубопроводе.
3. Включить подачу воды в котел.
4. Проверить уровень воды в котле. Включить насос Н1.
5. При достижении ВУ воды отключить насос Н1.

6. Включить подачу газа на подогрев воды.
7. Проконтролировать зажигание горелки Г1.
8. Через 20 мин. включить перемешивание воды в котле.
9. Контроль температуры воды в котле.
10. При достижении $T=90$ открыть Клапан подачи ГВС на потребителя.

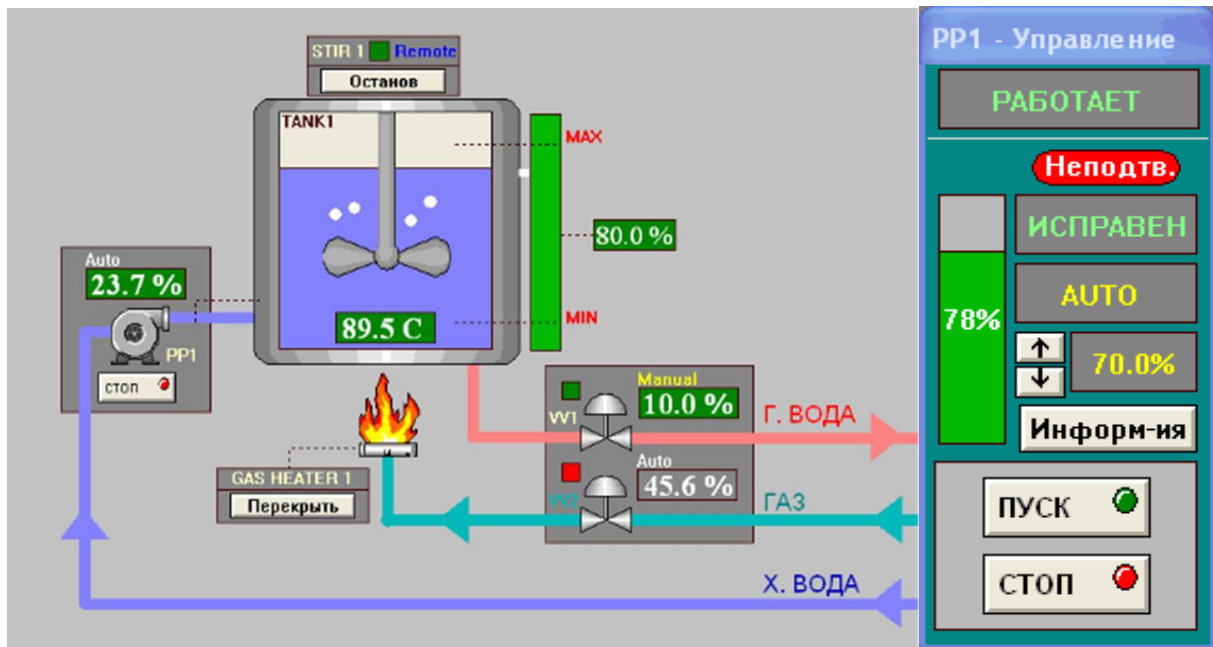


Рис. 5. Схема информационной модели интерфейса «Нагрев горячей воды»

11. Отключить горелку и перемешивание воды.
 12. При достижении НУ закрыть клапан подачи воды потребителю.
 13. Включить насос Н1.
 14. Контролировать заполнение воды до ВУ.
 15. Повторить операции для нагрева второй порции ГВС.
- Выполнить практическое задание в соответствии с указаниями на стр. 6,7.

Задание 2

Построение алгоритма деятельности оператора по информационной модели интерфейса «Химический реактор»

На рис. 6 представлен химический реактор. В нем реагенты перемешиваются с помощью смесителя. Входные потоки реагентов и выход продукта регулируются входными клапанами А и Б и выходным клапаном В. Соответственно давление в баке контролируется датчиком Д, а температура - датчиком Т. Температура регулируется подачей горячей или холодной воды, подаваемой в кожух, окружающий бак; потоки воды регулируются клапа-

нами Г (горячо) и Х (холодно). Открытие-закрытие клапанов осуществляется дистанционно с панели управления химическим реактором. Контроль состояния датчиков температуры и уровня – по показаниям мнемосхемы. При работе реактора оператор выполняет следующие операции:

1. Открывает клапан А и заливает в бак реагент 1.
2. Если датчик давления Д показывает, что достигнут требуемый уровень - закрывает клапан А.
3. Запускает смеситель.
4. Открывает клапан Б и заливает в бак реагент 2.
5. Если датчик давления Д показывает, что достигнут новый требуемый уровень, то закрывает клапан Б.
6. Открывает клапан Г для нагрева бака.
7. Если датчик Т показывает, что достигнута требуемая температура, то надо закрыть клапан Г.
8. Установить таймер на время протекания химической реакции.
9. При срабатывании таймера «Время реакции истекло» — останавливает смеситель.
10. Открывает клапан Х для охлаждения бака.
11. Проверяет температуру в баке. Если температура упала ниже заданного предела, то закрывает клапан Х и открывает клапан В для опорожнения бака.

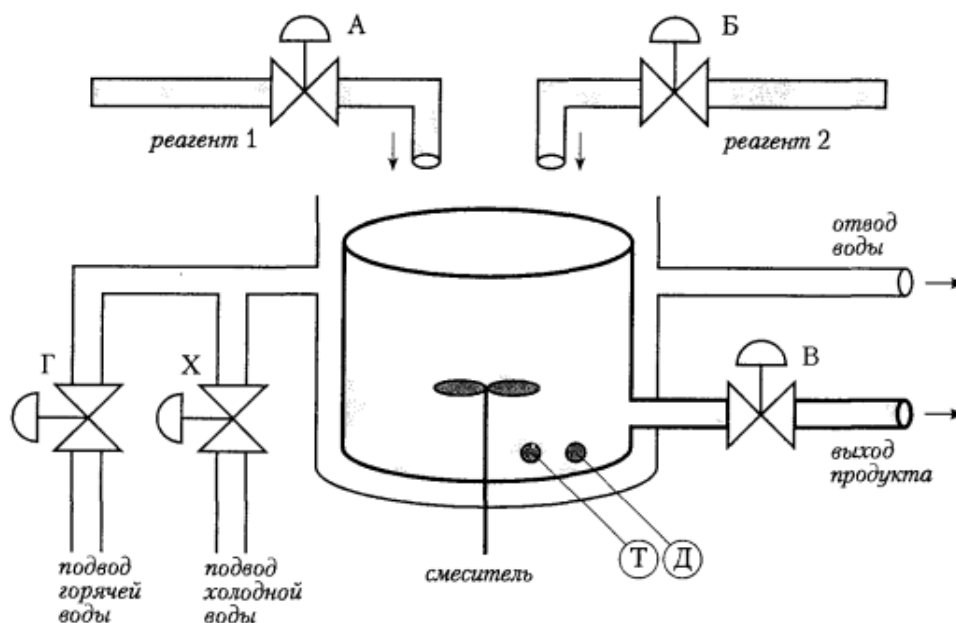


Рис. 6. Схема управления химическим реактором

Выполнить практическое задание в соответствии с методическими указаниями.

Задание 3

Проверка работоспособности стенда «АСР температуры воздуха в подогревателе на базе малоканального контроллера «Ремиконт Р-130»

На рис. 7 изображен внешний вид лабораторного стенда, который используется для построения алгоритмов деятельности специалиста, обслуживающего данную лабораторную установку.

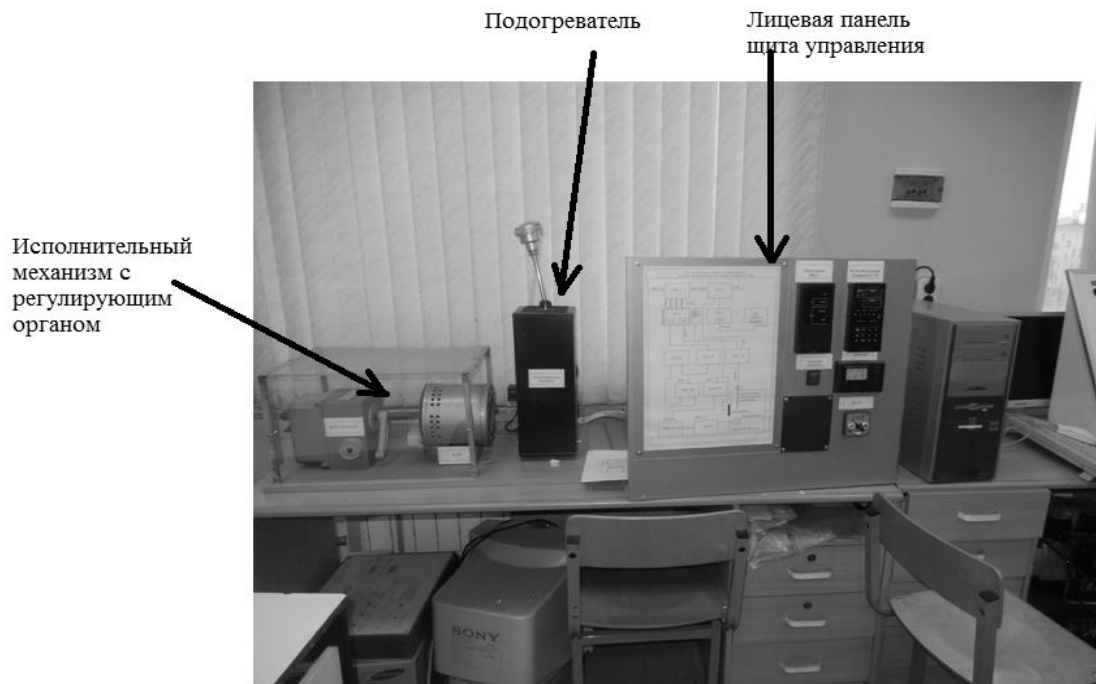


Рис. 7. Внешний вид лабораторного стенда

В состав установки входят несколько устройств. В качестве органов управления используются следующие устройства:

- Задающее устройство – устройство, с помощью которого устанавливается значение температуры воздуха в подогревателе (дистанционный пульт управления, операторская станция, панель управления контроллером).
- Контроллер «Ремиконт Р-130» – микропроцессорный прибор, управляющий регулированием температурой воздуха в подогревателе.
- БУ-21 (блок ручного управления) – устройство, позволяющее переводить стенд в режим ручного управления и вручную менять значение температуры (рис. 8).

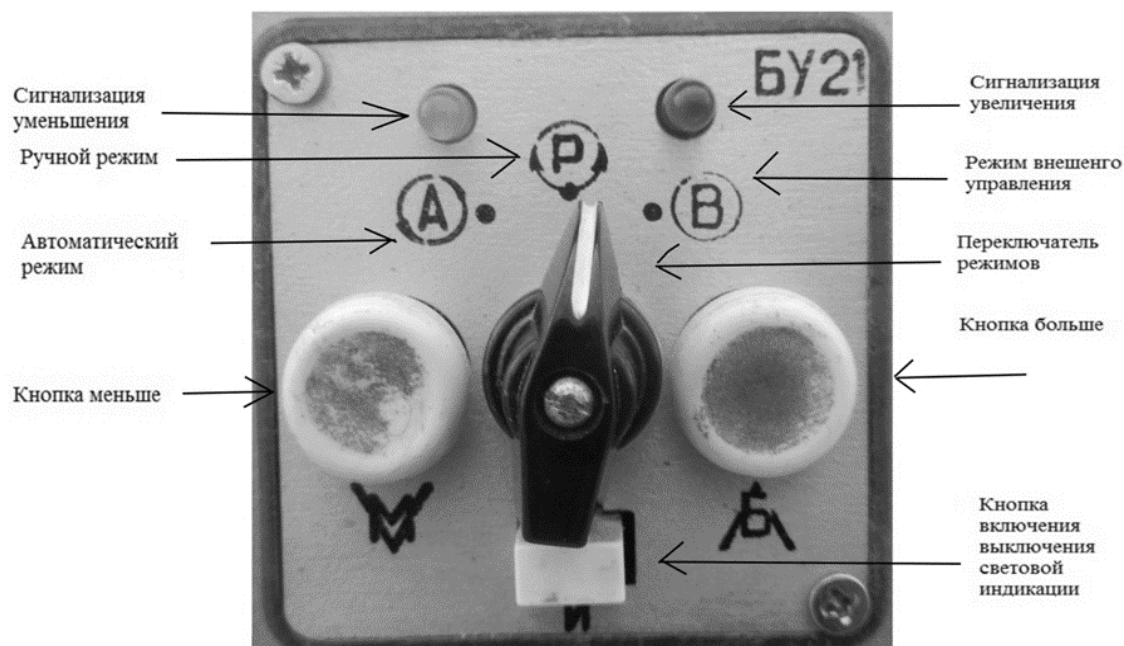


Рис. 8. Блок ручного управления

- Кнопка включения вентилятора (для создания искусственного возмущения в подогревателе воздуха).
- ДУП-М – дистанционный указатель положения предназначен для отображения угла поворота исполнительного механизма МЭО 16/25.

Указанное оборудование размещено на щите управления стендом (рис. 9).

Средствами отображения индикации служат:

- Лампочки и индикаторы на контроллере «Ремиконт Р-130».
- Стрелки индикации положения на устройстве ДУП-М.
- Индикаторы на пульте ПН-1.

Порядок выполнения работы

1. Включить автомат электропитания стенда, расположенный на задней части щита управления.
2. Проверить работу контроллера «Ремиконт Р-130» и стенда в автоматическом режиме:

На блоке ручного управления БУ-21 установить переключатель в положение «АВТОМАТ». На Блоке Контроллера «БК-1» нажимаем на клавишу «» – клавиша перевода контура в режим ручного управления. При нажатии этой клавиши автоматически устанавливается режим контроля

«Вых». После отпускания клавиши можно выбрать любой другой режим контроля. Комбинации клавиш «» + «▲» или «▼» используются для ручного изменения выхода соответственно в направлении «больше» или «меньше».

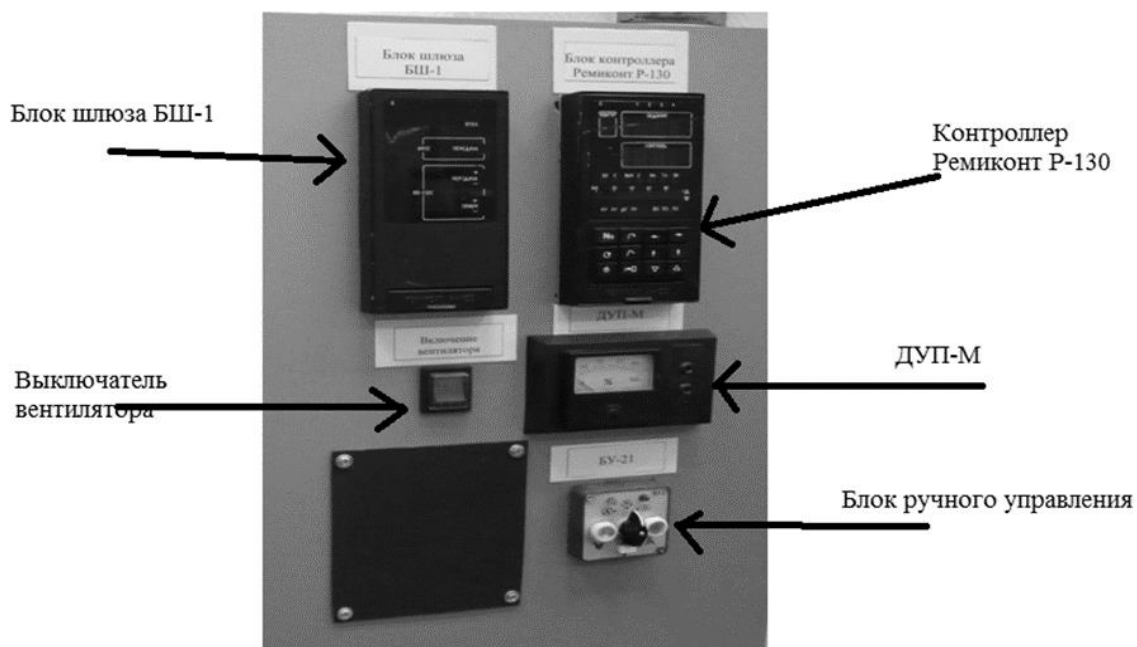


Рис. 9. Щит управления стендом

Для импульсного регулятора после нажатия клавиши устанавливается средняя скорость перемещения исполнительного механизма – 25 % («меньше») или + 25 % («больше»). При этом исполнительный механизм перемещается короткими импульсами.

3. Проверить работу в ручном режиме.

На лицевой панели контроллера «Ремиконт Р-130» должны светить индикаторы «ЛУ» и «РЗ».

Блок ручного управления БУ-21 перевести в положение ручного управления «Р» и кнопками «Б» (больше) или «М» (меньше) переместить исполнительный механизм. При этом производится проверка остальных приборов стенда.

Проверить работу устройства ДУП-М при перемещении исполнительного механизма в одну или другую сторону.

(Проверку блок шлюза БШ-1: (программирование БШ-1) выполняет преподаватель!)

На лицевой панели блока мигает красный световой индикатор «ОШИБКА», сигнализирующий о том, что аккумулятор, имеющийся внутри блока БШ-1, неисправен и программа выдает сигнал на его замену.

Следствием этой причины является то, что прибор не сохраняет установленные в нем коэффициенты и при следующем включении дополнительно будет мигать световая индикация «ОТКАЗ», что свидетельствует об обнулении всех настроек. Для исправления этой ошибки необходимо с помощью Пульты Настройки «ПН-1» подключиться к нижнему разъёму блока БШ-1.

4. Описание действий оператора при работе с пультом «ПН-1» по снятию световой индикации «ОТКАЗ»:

4.1. Вставить разъем пульта ПН-1 в разъем блока шлюза БШ-1 в его нижней части.

4.2. Включить на пульте ПН-1 тумблер «Включение».

4.3. На лицевой панели пульта ПН-1 нажать клавишу «↑», при этом на лицевой панели высветится код «ОШИБКИ», а при повторном нажатии клавиши «↑» высветится код «ОТКАЗА».

4.4. Сверить коды «ОШИБКИ» и «ОТКАЗА» с таблицами.

4.5. Перевести Блок БШ-1 в режим «ПРОГРАММИРОВАНИЕ», на Пульте ПН-1 нажать сочетание клавиш «↓» + «→» и удерживать примерно 3 секунды. При переводе работы на пульт ПН-1 на нем загорится световой индикатор «ПРОГРАМ».

4.6. Выполнить обнуление блока БШ-1. Для этого необходимо перейти в параметры «ПРИБ», клавишами «→» и «↑». Контролируем на верхней индикаторной панели значение сигнала «03». Для обнуления информации необходимо, чтобы загорелась индикация «00». Для этого клавишей «↓» перемещаем на нужное значение параметра «00», после этого нажимаем клавишу «↑» для входа в этот параметр. На нижней индикаторной панели контролируем значение индикации «00». Меняем это значение параметра на «01» клавишей «▲», что приводит к обнулению блока БШ-1. Для сохранения обнуления необходимо нажать клавишу «↑», появится еще одно значение «00» на нижней индикаторной панели. Затем нажатием клавиши «↑» сохраняем обнуление.

4.7. Связь блока БШ-1 с блоком БК-1 и персональным компьютером. Блок БШ-1 находится в режиме «ПРОГРАММИРОВАНИЕ». С помощью клавиш «→» на пульте ПН-1 переходим в параметры «СИСТ», нажимаем клавишу «↑» (вход в параметры системы). Для указания номера блока БШ-1 в сети «ТРАНЗИТ» необходимо клавишей «▲» выбрать на верхней индикаторной панели значение «00», нажать клавишу «↑». При этом на нижней

индикаторной панели появится значение «00». Заменяем это значение на «02» клавишей «▲» (выбираем «02», так как значение «01» прописано в блоке БК-1). Для сохранения данных нажимаем клавишу «↑». После сохранения новых значений параметров необходимо в этом же параметре «СИСТ.» задать другой параметр. Для этого на верхней индикаторной панели выбираем значение «01» и нажимаем клавишу «↑», на нижней индикаторной панели появится значение «00». Поменяем его на значение «02» клавишей «▲» и сохраняем это значение, нажав клавишу «↑».

Все необходимые операции выполнены.

4.8. Переходим в режим «РАБОТА». Для этого нажимаем и удерживаем две клавиши: «↓» и «←». Как только блок БШ-1 перейдёт в режим «РАБОТА», загорится световая индикация «РАБОТА». Затем отключаем тумблером пульта ПН-1 от блока БШ-1 и отсоединяем разъём.

Работоспособность стенда проверена.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данной лабораторной работы.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественные характеристики ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественные характеристики.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.
6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД $\beta_{\text{общ}}$,
 - времени выполнения АД $M_{\text{общ}}$ (с, мин);
 - дисперсию времени $D_{\text{общ}}$ (с, мин).
7. Представить выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 4

Организация ввода данных в контроллер АСР температуры воздуха в подогревателе

Цель практического занятия: научиться вводить данные в контроллер «Ремиконт Р-130» тремя способами.

- с помощью пульта настройки ПН-1;
- с помощью панели управления, расположенной на лицевой панели контроллера «Ремиконт Р-130»;
- с помощью операторской рабочей станции ПЭВМ.

Рассмотрим действия оператора по третьему способу.

Для ввода данных в контроллер «Ремиконт Р-130» используется программа «KRS_130», установленная на ПЭВМ.

1. Включаем ПЭВМ, запускаем программу «KRS_130» с помощью ярлыка на рабочем столе.

Открываем папку KRSYS.



При появлении файла KRC130.EXE – запускаем его и ждем появления окна программы (рис. 10).

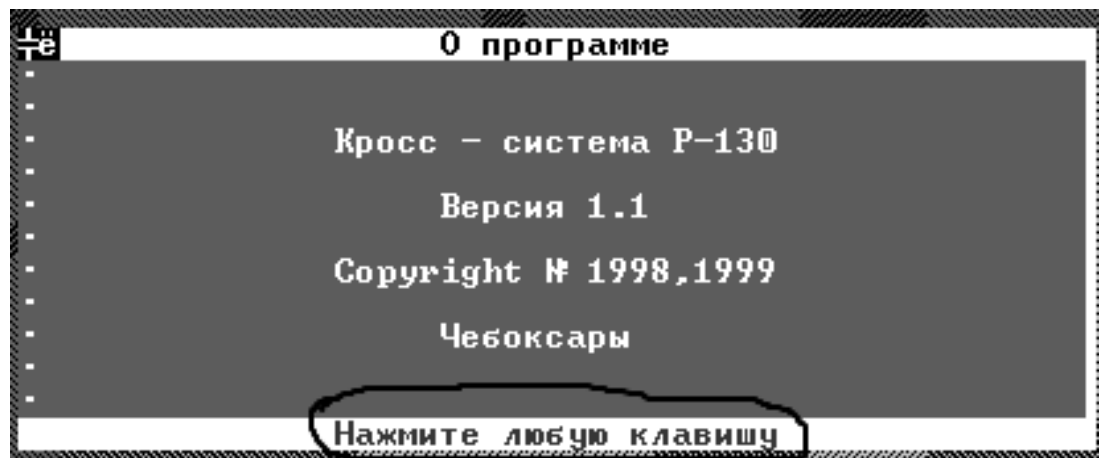


Рис. 10. Начальное окно программы

Нажимаем любую клавишу на клавиатуре ПЭВМ. В появившемся окне «Параметры канала связи» (рис. 11) выбираем следующие параметры:

- Транзит с блоком шлюза (БШ) -У- да.
- Базовый адрес порта 1-COM1.

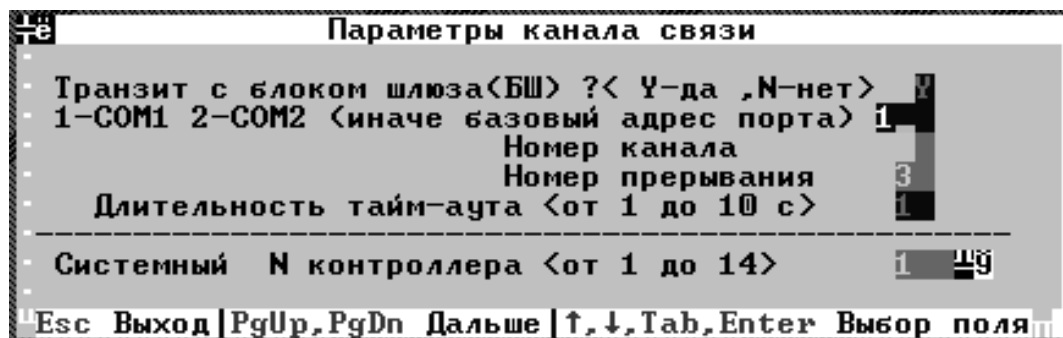


Рис. 11. Окно «Параметры канала связи»

После выполнения указанных выше действий нажимаем клавишу «PgUp». При правильном выполнении команд появится инженерная панель «Ремиконт Р-130» (рис. 12).

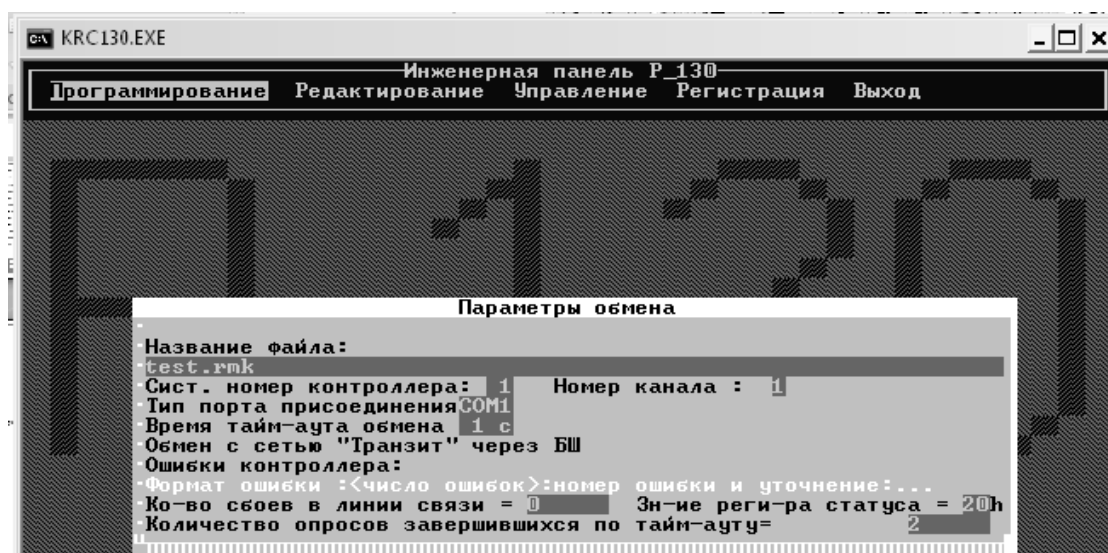


Рис. 12. Инженерная панель «Ремиконт Р-130»

С помощью курсора выбираем подраздел меню «Управление» (Рис. 13).

В данном меню выбираем параметр «ПРИБ и СИСТ параметры», нажимаем клавишу «Enter». На экране появляется следующее подменю «Параметры контроллера» (рис. 14).

По этой команде программа производит опрос контроллера №1 (Р-130) по его параметрам настройки

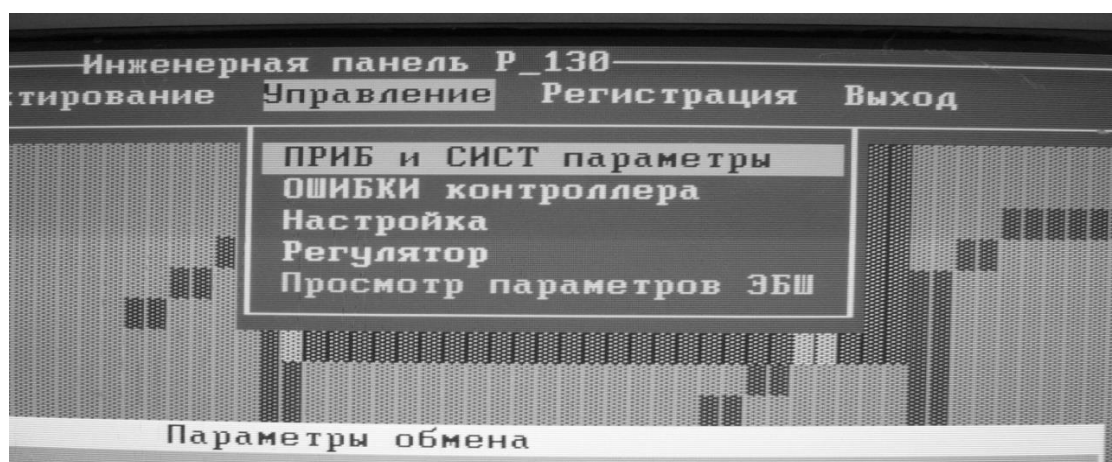


Рис. 13. Подраздел меню «Управление»

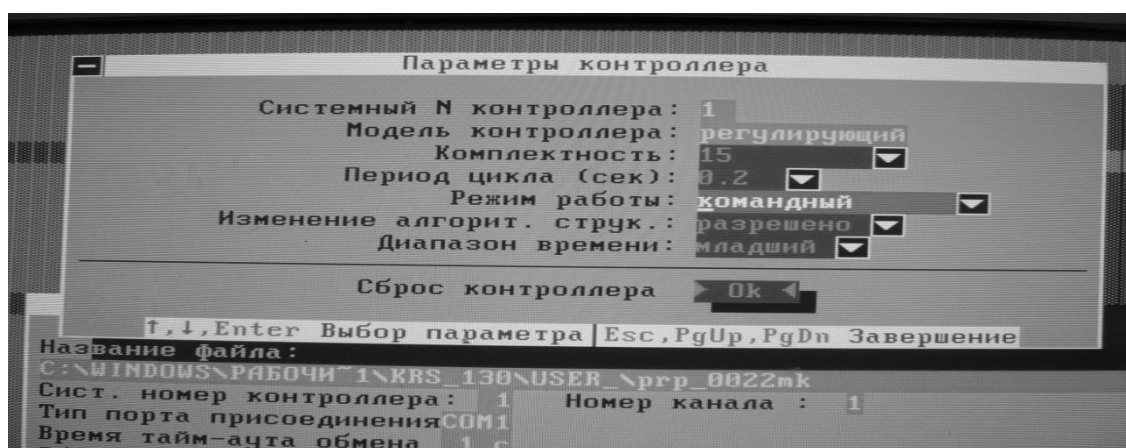


Рис. 14. Подменю «Выбор Параметров контроллера»

. ВНИМАНИЕ: Не меняйте параметры регулятора в этом окне, иначе программирование контроллера придётся произвести с самого начала.

После проверки настроек контроллера нажимаем клавишу «Esc» для возврата на главную инженерную панель. При появлении инженерной панели с помощью стрелок управления в подразделе «Управление» выбираем положение «Регулятор» (рис. 15).

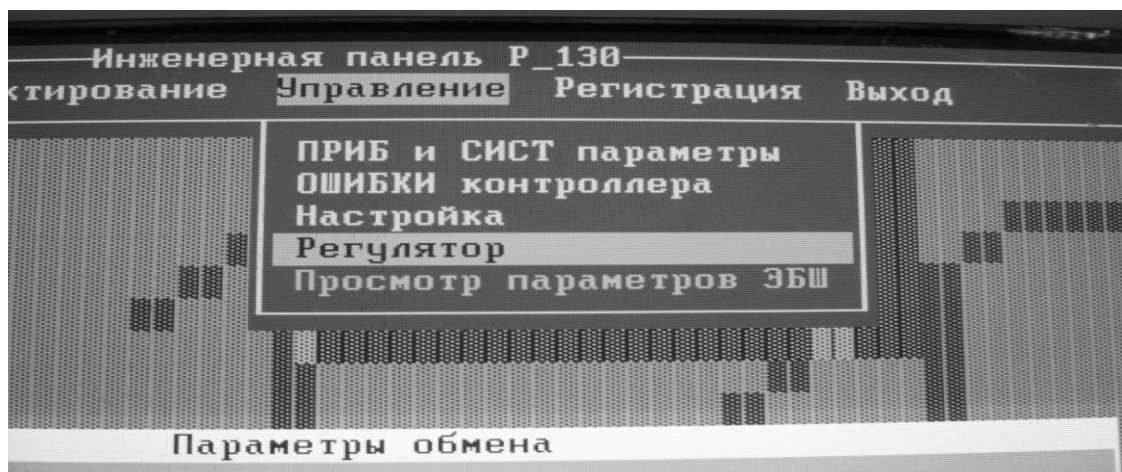


Рис. 15. Выбор положения «Регулятор» в подразделе «Управление»

При выборе положения «Регулятор» нажимаем клавишу «Enter». В результате открывается меню «Панель регулятора» (рис. 16).

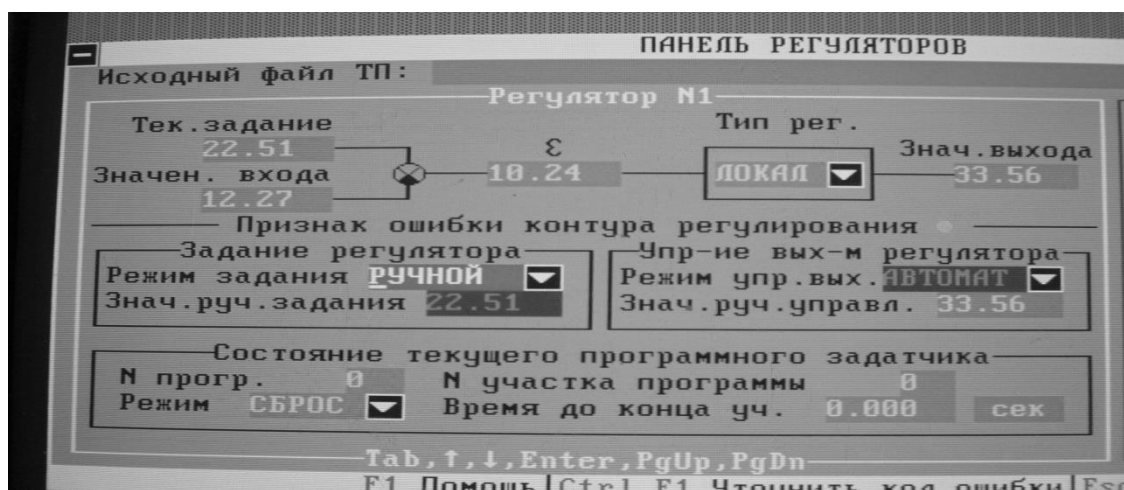


Рис. 16. Окно «Панель регулятора»

На мониторе в открывшемся окне высвечиваются технологические параметры Регулятора №1. В данном окне можно изменять параметры «Режим задания» и «Знач.ручн.задание» (на рис 17).

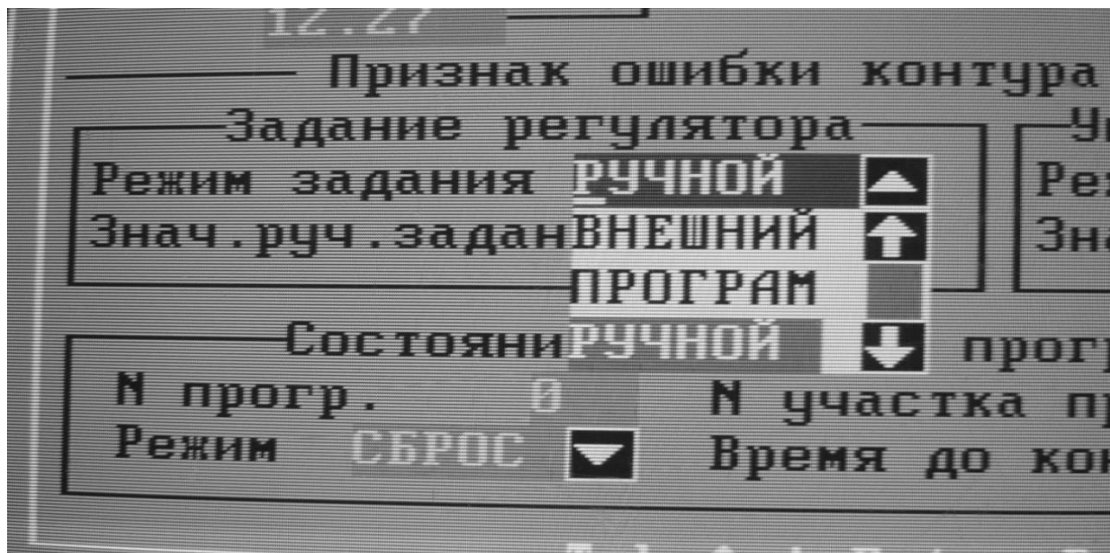


Рис. 17. Технологические параметры Регулятора №1

Для изменения параметра «Режим задания» нажатием клавиши «CTRL + ↑» выберем параметр «Ручной» (рис. 18).

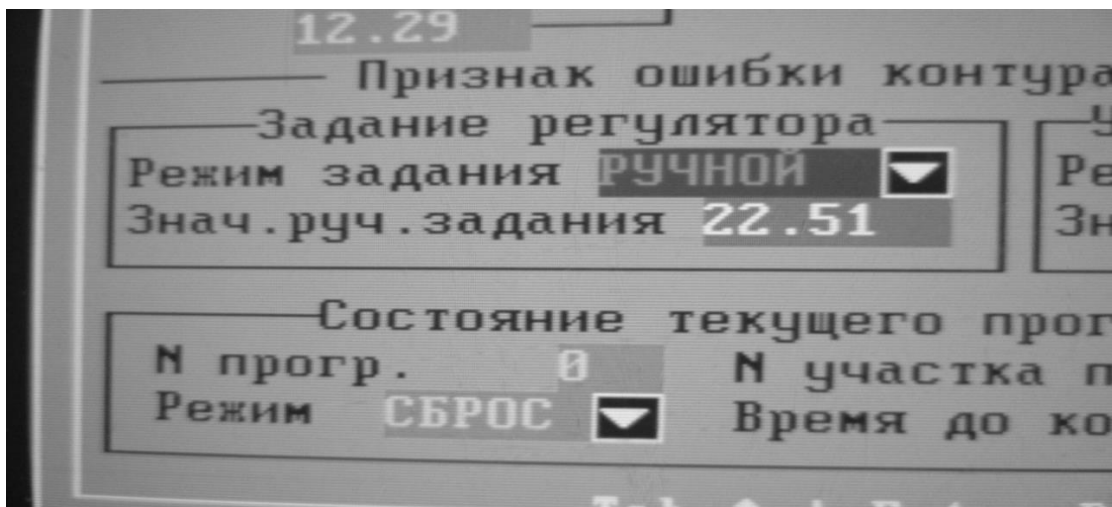


Рис. 18. Выбор параметра «Ручной режим» задания регулятора

В этом же окне меняем параметр «Знач.руч.задания» (в данном случае установлено значение температуры 22.51 °C). При изменении данного параметра на другое значение (например, на 25°C), это значение появится и на лицевой панели контроллера «Ремиконт Р-130».

Для выхода из меню Инженерной панели необходимо в главном окне с помощью стрелок управления выбрать параметр «Выход» (рис. 19) и далее следовать указаниям программы.

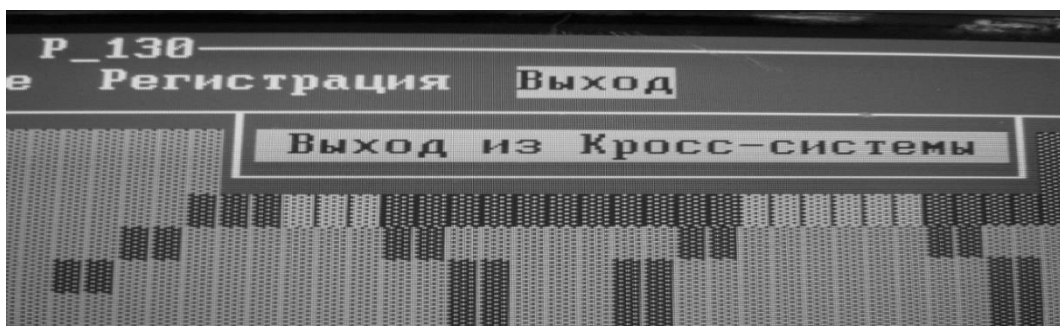


Рис. 19. Выход из инженерной панели

Выполнение практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данного задания.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данного задания в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественные характеристики ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественные характеристики.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.
6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД $\beta_{\text{общ}}$,
 - времени выполнения АД $M_{\text{общ}}(с, \text{мин})$;
 - дисперсию времени $D_{\text{общ.}}(с, \text{мин})$.
7. Представить выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 5

Проверка работоспособности стенда «Автоматизация процесса приготовления горячей воды на базе имитационной модели с использованием промышленного контроллера «Контар МС8» фирмы «МЗТА»

Цель практического занятия: изучить состав лабораторного стенда,

органов управления и индикации, научиться проверять работоспособность стенда «Автоматизации процесса приготовления горячей воды на базе имитационной модели» на базе промышленного контроллера «Контар МС8» фирмы «МЗТА».

Описание лабораторного стенда

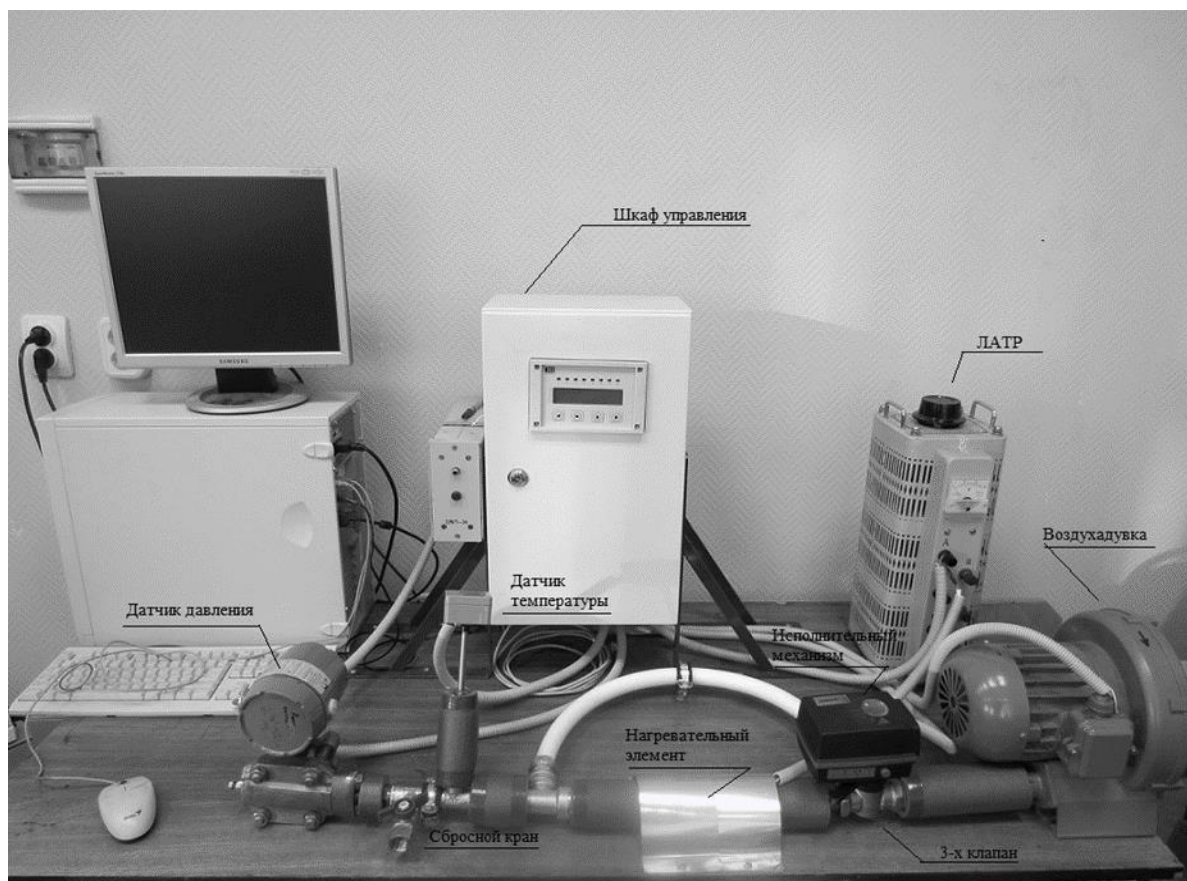


Рис.20. Внешний вид стенда

Принцип работы данной системы заключается в следующем (рис.20). На контроллер «Контар МС8» от датчика температуры поступает сигнал, который сравнивается с заданным значением температуры. При несовпадении полученного значения температуры с заданным значением контроллер «Контар МС8» выдает сигнал, поступающий на преобразователь частоты Lenze серии SMD, который управляет трёхточечным приводом Esbe серии 90. По этой команде производится изменение подачи количества воздуха, поступающего в систему. При изменении температуры воздуха датчик температуры выдает сигнал на контроллер. Цикл повторяется до прихода системы в заданное состояние.

Органы управления и сигнализации

1. Дистанционный пульт управления, операторская станция - устройства, с помощью которых устанавливаются значения температуры воздуха в подогревателе.

2. Контроллер «Контар MC8» с панелью управления – микропроцессорный прибор, управляющий приготовлением горячей воды.

3. Привод Esbe серии 90 трёхточечный с ручным управлением и индикатором положения клапана (рис.21).

4. Частотный преобразователь LENZE серии SMD, разработан для управления приводами вентиляторов, компрессоров, насосов в диапазоне 0,25-22 кВт. Имеет органы управления и индикации (рис. 22).



3-точечный



Рис. 21. Привод Esbe серии 90 трёхточечный

Рис. 22. Преобразователь частоты Lenze серии SMD

Порядок выполнения практического задания

1. Проверить комплектацию стенда, согласно спецификации.
2. Убедиться в отсутствии неприсоединенных проводов.
3. При подаче питания убедиться в исправности основного оборудования (отсутствие посторонних шумов и запахов).
4. Проверить индикацию сигнальных ламп на контроллере и блоках питания.

5. После запуска стенда в работу проверить текущие значения параметров.
6. В случае неработоспособности стенда проверить монтаж по электрической схеме.

Перед включением стенда в эксплуатацию убедиться в отсутствии не - заизолированных проводов и механических поломок.

Для включения стенда в работу необходимо:

1. Подключить питающий силовой провод к питающему разъему лаборатории и подать напряжение путем включения вводного автомата.
2. В щите ШУ включить автоматы QF1 и QF2. (подается питание на контроллер и частотный преобразователь вентилятора).
3. Установить необходимый расход при помощи шарового крана №1 (примерно на 25 -50 % от полного открытия крана).
4. Повернуть ручку лабораторного автотрансформатора в положение «ноль» (до упора против часовой стрелки).
5. Включить автомат QF3.
6. Установить ручку лабораторного автотрансформатора на 40- 50 вольт.
7. После выхода установки на заданные тепловые параметры можно изменять настройки ПИД регулятора с пульта управления MD8.3 (входим в Меню путем последовательного нажатия клавиш ↑↓←→, далее заходим в подменю «Установки», либо в «ПИД регуляторы» и изменяем числовые значения), либо подключившись к ПК по средствам программы КОНСОЛЬ.
8. Для имитации возмущающего воздействия изменяем расход воздуха по средствам прикрытия или открытия шарового крана №1 (для давления) или напряжение на лабораторном автотрансформаторе (для температуры).

***** ВНИМАНИЕ! Напряжение на лабораторном автотрансформаторе не должно превышать 70 вольт и шаровой кран №1 должен быть открыт минимум на 50 % (могут перегореть спирали в нагревательном элементе).**

9. Для выключения стенда в работу необходимо:
 - 9.1. Отключить автомат QF3 и перевести ручку лабораторного автотрансформатора в положение «ноль» (до упора против часовой стрелки).
 - 9.2. Подождать минут 7-10 (для охлаждения нагревательного элемента) и отключить автоматы QF1 и QF2.

9.3. Выключить вводной автомат и отсоединить силовой кабель питания.

Выполнение практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данной лабораторной работы.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественные характеристики ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественные характеристики.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.
6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД $\beta_{общ}$,
 - времени выполнения АД $M_{общ}$ (с, мин);
 - дисперсию времени $D_{общ}$ (с, мин).
7. Представить выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 6

Проверка работоспособности стенда «Пароперегреватель на базе промышленного регулятора «Минитерм- 400» (часть 1)

Цель работы: изучить состав лабораторного стенда, органов управления и научиться проверять работоспособность стенда «Пароперегреватель на базе промышленного регулятора «Минитерм- 400».

Состав лабораторной установки:

Стенд представляет собой отрезок трубы, изготовленного из органического стекла, в котором смонтированы следующие устройства: нагревательные элементы (воздушные ТЭНы); два вентилятора: один – основной, который имитирует нагрузку котла по пару, а второй – установлен для охлаждения; две задвижки; термометры сопротивления для измерения температуры и щит управления (рис. 23).

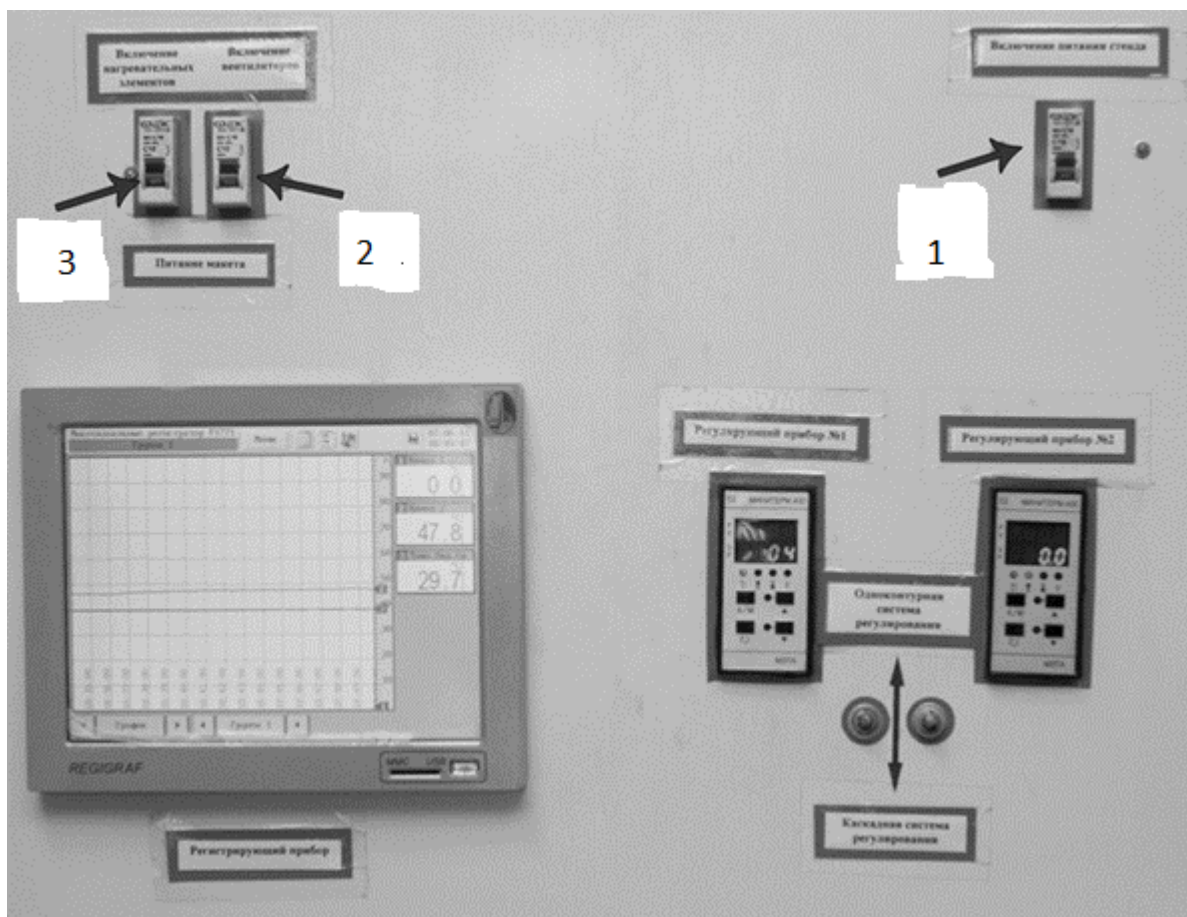


Рис 23. Внешний вид щита управления

Органы управления и сигнализации:

1. Автоматический выключатель (1)
2. Автоматический выключатель вентилятора (2)
3. Автоматический выключатель ТЭНов (3)
4. Электронный регистратор «Региграф» модели Ф-1771 (рис. 25).
5. Промышленный регулятор «Минитерм- 400» (рис. 28,29).

В приборе предусмотрено четыре основных режима представления информации:

«Все каналы» - режим просмотра на экране в цифровом виде результатов измерения по всем входным каналам (8 или 16) в соответствии с установленными параметрами конфигурации каналов (рис.25). При этом на экране отображаются до 16 одинаковых по размеру окон со следующей информацией:

- Номер и присвоенное название канала.
- Результат измерения по каналу в виде цифрового отсчета.

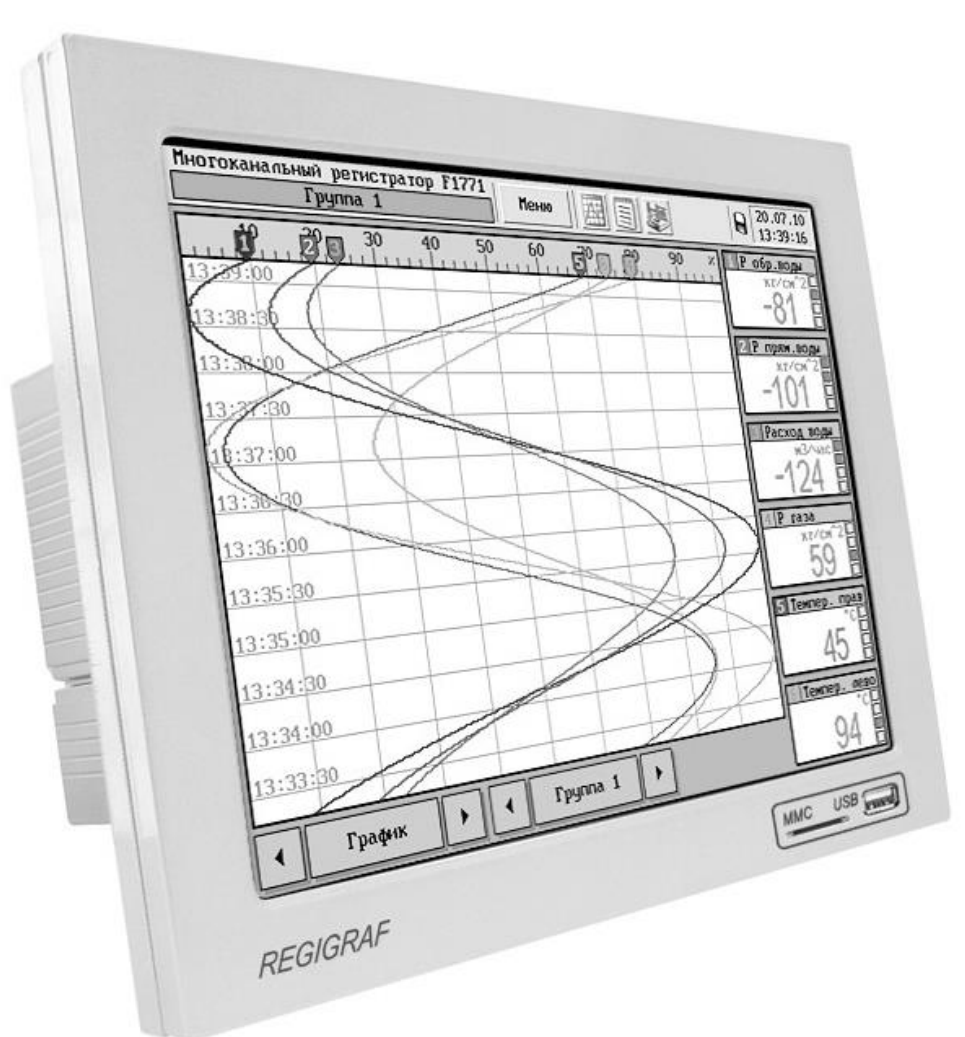


Рис.24. Внешний вид регистрирующего прибора «Региграф»

- Размерность измеренного сигнала.

Состояние результата измерения относительно установок (до четырех), при этом состояние «Норма» относительно соответствующей установки на каннеле отображается серым цветом, состояние «НЕ норма» - красным цветом.

1. «Вертикальный график» - режим отображения на экране результатов измерения по каналу или группе каналов (рис. 26) в виде кривых разного цвета, записывающихся сверху вниз. Справа от графиков расположены окна с цифровым отсчетом, показывающие текущее значение измеряемого канала.
2. «Горизонтальный график» - режим отображения на экране результатов измерения по каналу или группе каналов (рис. 27) в виде кривых разного цвета, записывающихся справа налево. Справа от графиков расположены окна с цифровым отсчетом, показывающие текущее значение измеряемого канала.

3. «Столбиковая диаграмма» - режим отображения результатов измерения по каналу или группе каналов виде вертикальных столбиковых диаграмм и цифровых показаний.

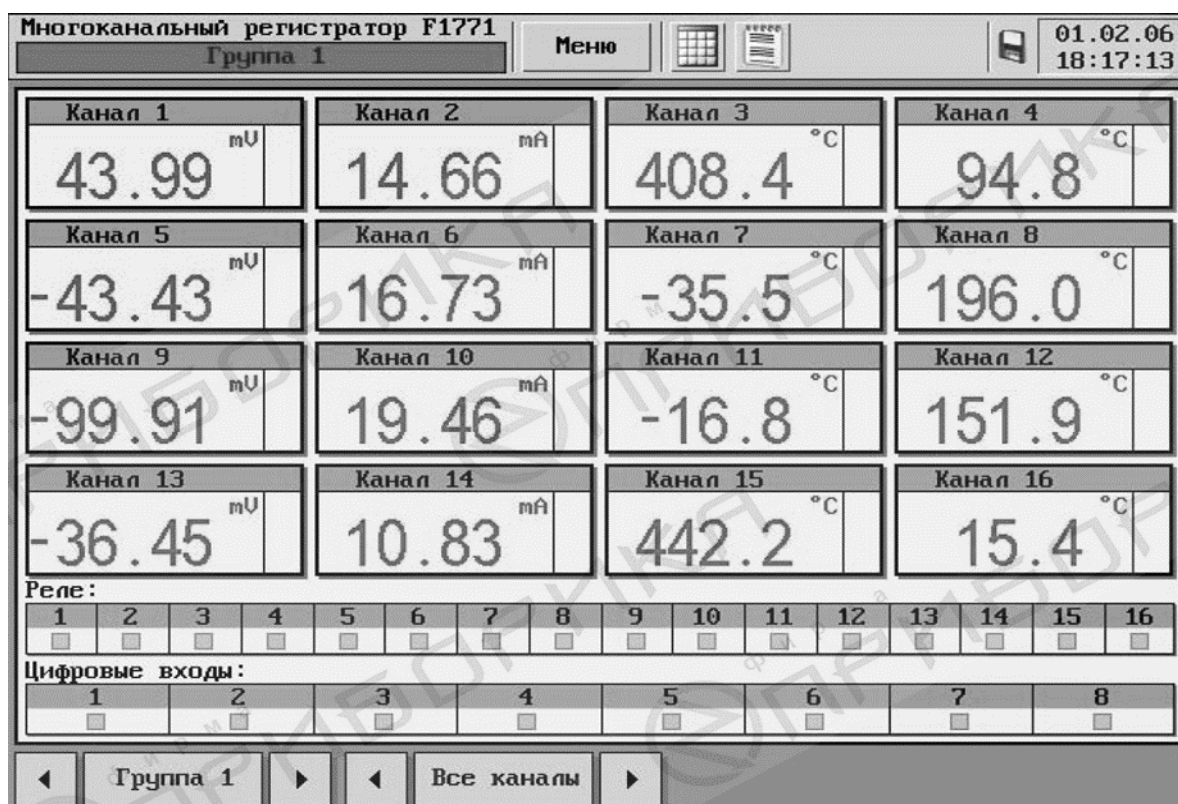


Рис. 25. Окно каналов Регистратора F1771

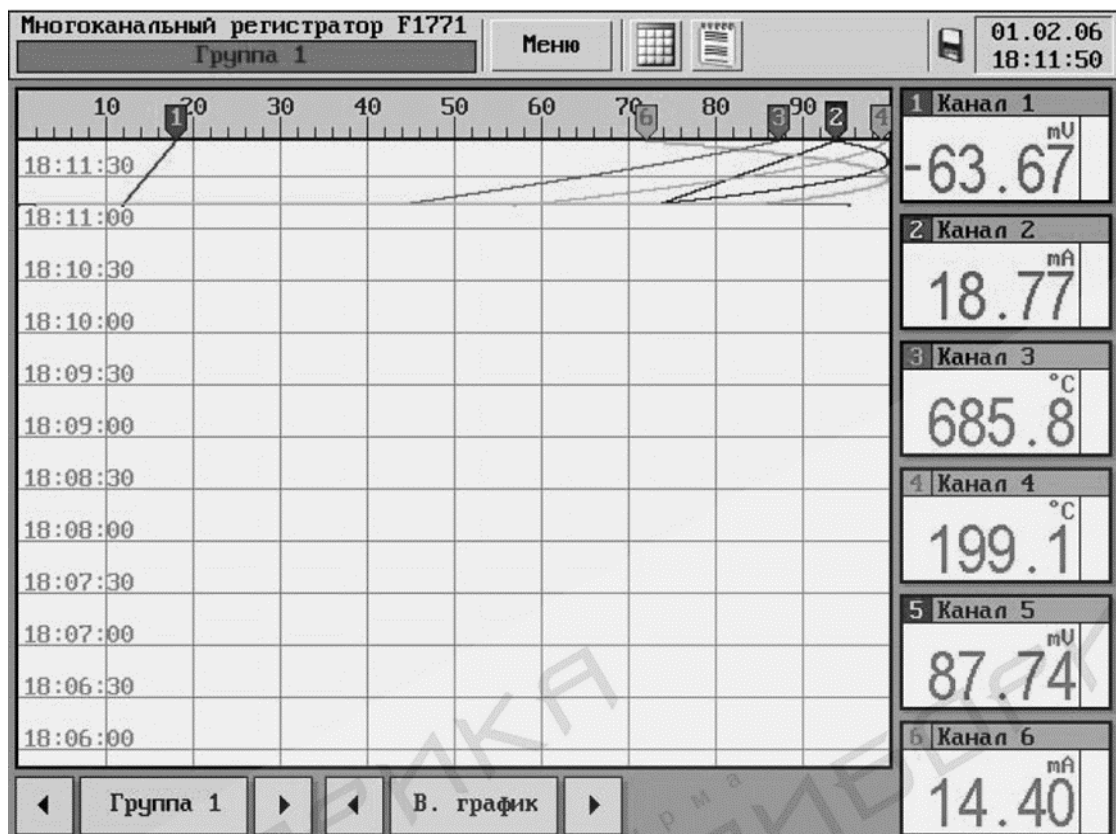


Рис. 26. Внешний вид вертикального графика

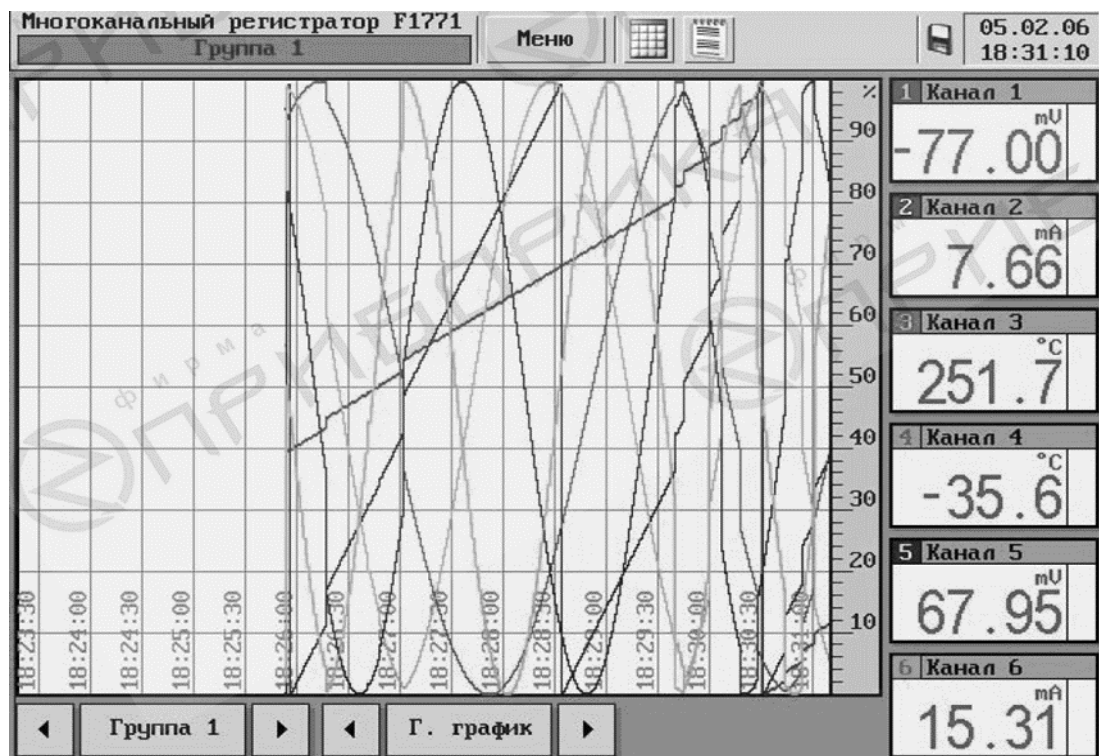


Рис. 27. Внешний вид горизонтального графика



Рис. 28. Внешний вид регулятора «Минитерм - 400»

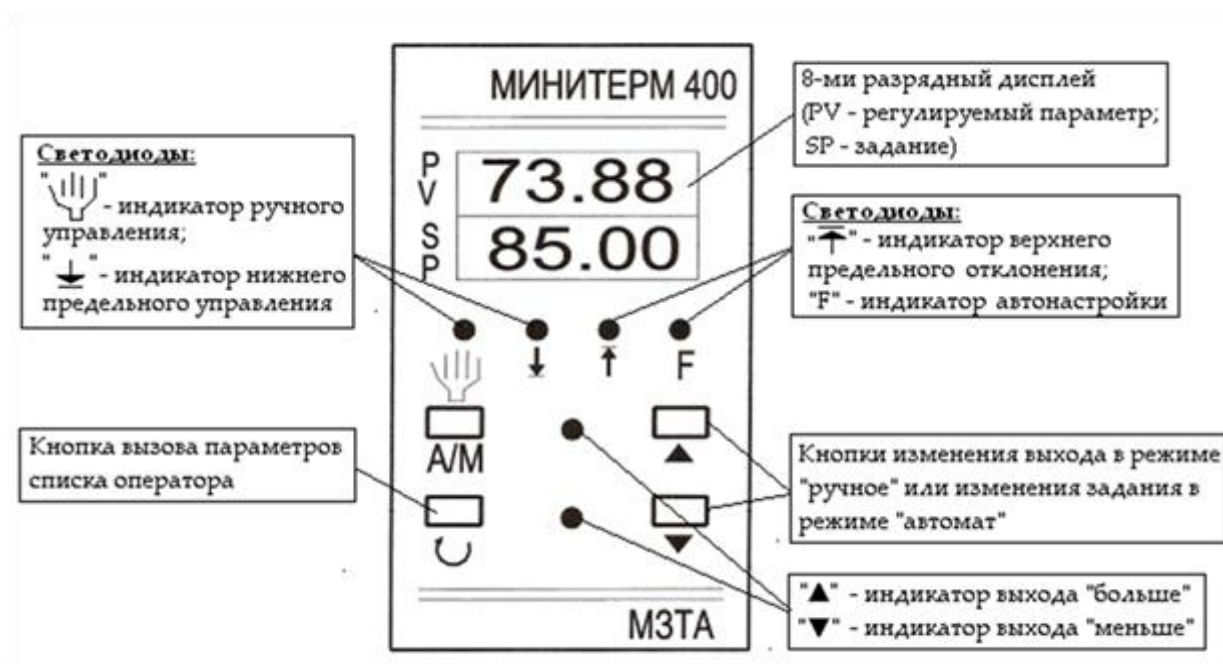


Рис. 29. Вид функциональных клавиш передней панели регулятора «Минитерм - 400»

Порядок работы оператора

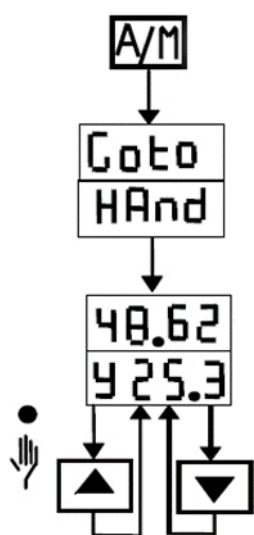
Режимы управления

Регулятор осуществляет один из двух режимов управления объектом:

- Режим автоматического управления, когда регулируемый параметр автоматически поддерживается на уровне заданного значения параметров, величина которого установлена оператором.

- Режим ручного управления, когда управление параметрами объекта осуществляется оператором вручную с помощью кнопок на лицевой панели регулятора.

Рассмотрим вариант перехода из автоматического управления объектом в ручное управление. Для этого выполним следующие операции:



1. Нажать и удерживать кнопку **A/M** в течение 3-5 с.
2. Проконтролировать на дисплее загорание индикатора **Goto** / **HAnd**
3. При загорании индикатора ручного управления «» ручной режим установлен.
4. Отпустить кнопку A/M.

В режиме "Ручное" оператор вручную воздействует на выходы регулятора посредством нажатия на кнопки:

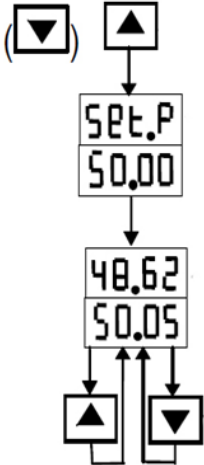
- для уменьшения регулируемого параметра,
- для увеличения регулируемого параметра

Для перехода из «Ручного режима» в «Автоматический» необходимо выполнить следующие операции:

1. Кратковременно нажать и отпустить кнопку **A/M**.
2. Проконтролировать погасание индикатора «Ручное управление» «»
Регулятор переведён в автоматический режим.

Изменения задания регулятора

Данные операции производятся только в автоматическом режиме. Автоматическое регулирование объекта в процессе изменения задания не прекращается.

	1. Нажать одну из кнопок  или  и держать её в течении 3-5 сек. 2. На верхней части дисплея индицируется надпись  (задание). 3. В верхней части индикатора индицируется регулируемый параметр, а в нижней части - величина общего задания. 4.Используя кнопки ,  установить требуемые значения параметров по заданию. 5. Проконтролировать загорание надписи , если перерыв между нажатиями кнопок ,  превысит 30сек.
---	--

Выполнение фрагмента практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данного практического задания.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественных характеристик ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественных характеристик.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.
6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД $\beta_{общ}$,
 - времени выполнения АД $M_{общ}$ (с, мин);
 - дисперсию времени $D_{общ}$ (с, мин).
7. Сформулировать выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 7

Проверка работоспособности стенда «Пароперегреватель на базе промышленного регулятора «Минитерм- 400»» (часть 2)

Описание устройства стенда приведено в задании 6. В данном задании рассмотрим действия оператора при выполнении функции «Автонастройка F». Итогом работы регулятора в режиме «Автонастройка» является автоматический подбор значений $t.int$ (значение времени интегрирования) и $C.Pid$ (коэффициент пропорциональности), которые являются оптимальными.

После запуска режима «Автонастройка» в системе регулирования устанавливаются автоколебания регулируемого параметра с амплитудой не более установленной величины $A.E$ (предельное рассогласование). Регулятор анализирует автоколебания и вычисляет их амплитуду $A.Aut$ в % и период $P.Aut$ в секундах. Оператор-наладчик наблюдает за изменением этих значений в процессе автонастройки параметров. На основе полученных величин $A.Aut$ и $P.Aut$ регулятор вычисляет новые значения времени интегрирования и коэффициента пропорциональности.

Перед запуском режима «Автонастройка» необходимо выполнить ряд обязательных условий:

Регулятор должен работать в режиме автоматического управления, причём задание должно быть установлено примерно в середине используемого диапазона регулируемого параметра объекта.

Если используются корректирующие сигналы Xb , Xe , Xf , Xg , то их влияние должно быть исключено путём установки в списке TYPE признаков $in.b = in.e = in.f = in.g = OFF$.

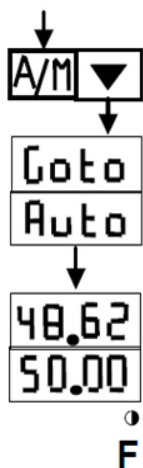
Регулирующий орган должен работать, по возможности, в своём рабочем диапазоне (без достижения ограничений или крайних положений).

Требуется установить ориентировочные данные динамической настройки. Если этих данных нет, то рекомендуется установить в списке Cont следующие значения:

$FLt_r = 1-5 \text{ с};$	$C.Pid = 1-2 ;$	$t.int = 120-300 \text{ с};$
$dIFF = 0-0,15;$	$\alpha = 0,1 - 1 \text{ %};$	$PULS = 0,2-1 \text{ с};$
$A.E = 10 - 20 \text{ %};$	$A.rEL = 5 - 10 \text{ %};$	

Для импульсного регулятора установить $t.Ser$, равным времени полного хода исполнительного механизма в секундах.

Перевод регулятора в режим «Автонастройка»



1. Перевести регулятор в ручной режим управления и вывести объект на заданный параметр (рассогласование E не более $\pm 3 - 5 \%$).

2. Перевести регулятор в автоматический режим. Для этого:

2.1. Последовательно нажать кнопки **A/M** и

2.2. На дисплее индицируется надписи **Goto** / **Auto** (переход в режим автонастройки).

2.3. На дисплее вновь индицируется регулируемый параметр и задание, а индикатор «F» начинает мигать, что свидетельствует о начале процесса автонастройки.

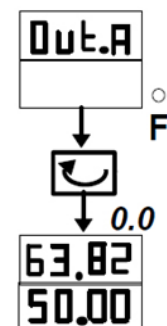
2.4. Отпустить кнопки **A/M** и .

По завершении процесса автонастройки индикатор «F» гаснет, а регулятор начинает работать в режиме автоматического управления с новыми значениями параметров $C.Pid$ и $t.int$.

Если по каким-либо причинам нужно прервать процесс автонастройки, то следует на 3-5 секунд нажать кнопку .

Во время нажатия на дисплее высвечивается промежуточная надпись **Goto** / **OFF**

Через 3-5 секунды регулятор переходит в автоматический режим, а индикатор «F» гаснет.



Если в процессе автонастройки превышает установленная допустимая величина амплитуды автоколебаний $A.E$, то процесс автоматически прерывается, и на дисплее индицируется мигающая надпись «Out.A», индикатор «F» гаснет, но регулирование при этом не прекращается.

Для снятия мигающей надписи «Out.A» необходимо нажать кнопку , после чего регулятор переходит в автоматический режим. Только через 30 с после этого возможен повторный запуск режима «Автонастройка». При этом рекомендуется уменьшить параметр $C.Pid$, увеличить время $t.int$. Если допустимо по технологии, то увеличить параметр $A.E$.

Выполнение фрагмента практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении данного фрагмента лабораторной работы.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественных характеристик ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественные характеристики.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.
6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД вобщ;
 - времени выполнения АД Мобщ (с, мин);
 - дисперсию времени Добщ. (с, мин).
7. Представить выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 8

Проверка работоспособности стенда «Пароперегреватель на базе промышленного регулятора «Минитерм- 400» (часть 3)

Описание устройства стенда приведено в задании 6. В данной части рассмотрена проверка работоспособности стенда. Включение и подготовка стенда к проведению экспериментов осуществляется согласно алгоритму, представленному ниже в описании. При выполнении процедуры подготовки оператор выполняет следующие действия:

1. Включает автомат электропитания стенда на щите управления (поз. 1 на рис. 30) для подачи питания на устройства стенда и приборы щита управления.

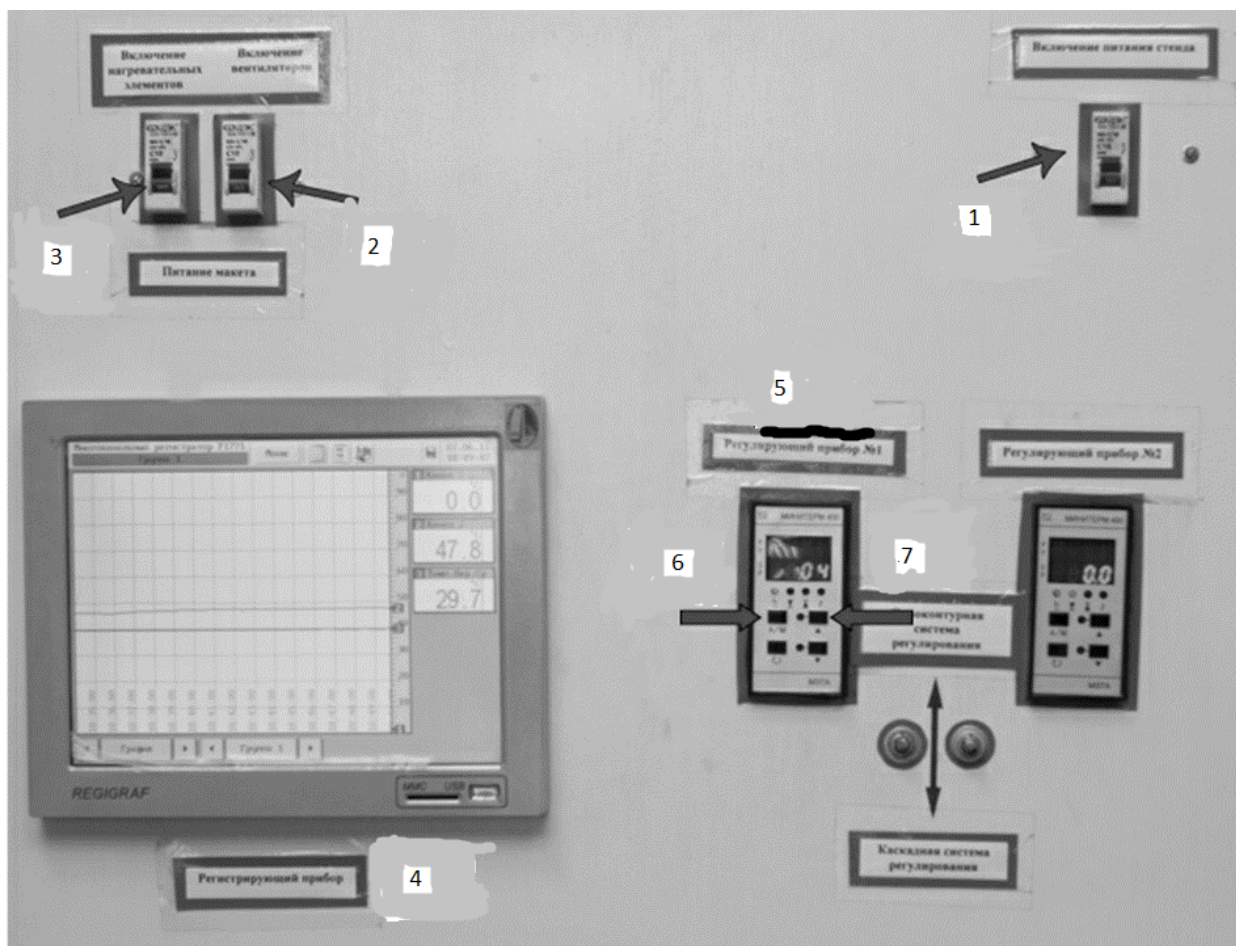


Рис.30. Внешний вид щита управления

2. Включает автомат электропитания вентиляторов макета (поз.2) и только после этого включает автомат электропитания нагревательных элементов (ТЭНов);
3. Включает регистрирующий прибор (электронный регистратор «Региграф») (поз.4) и после загрузки программного обеспечения прибора проверяет его настройки:
 - Архив. Период записи: 1 секунда, Режим записи: непрерывный
 - Каналы. Канал №1 - усреднение 0, канал №2- усреднение 20 с, канал №3 - усреднение 2 с.
 - Экран. Цикл отображения: 5 с.
4. Переводится помощью кнопок на лицевых панелях регуляторов «Минитерм- 400» в ручной режим работы (поз. 6 рис. 30 и рис. 29).
5. Нажимая и удерживая в нажатом состоянии кнопку (поз. 7) полностью закрывает регулируемую заслонку (положение «0» % степени открытия регулирующей заслонки) до срабатывания концевого выключателя.

6. Контролирует процесс прогрева установки и выхода её на установившийся режим. Температура перегретого пара на выходе пароперегревателя (датчик температуры 2, поз. 5) устанавливается практически неизменной во времени. Для перехода объекта в заданное состояние требуется 20 - 25 минут. Во время прогрева оператор следит за показаниями электронного регистратора. Температура на выходе термометра Т2 не должна превышать 65-70⁰ С. (Данное ограничение вводится в связи с конструктивными особенностями стенда, в частности, параметрами температуры).

Система готова к работе.

Выполнение фрагмента практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данного фрагмента лабораторной работы.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественные характеристики ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественные характеристики.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.
6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД βобщ,
 - времени выполнения АД Мобщ (с, мин);
 - дисперсию времени Dобщ. (с, мин).
7. Представить выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 9

Организация ввода данных в контроллер «Минитерм– 400» АСР «Пароперегреватель»

Цель практического занятия: освоить функцию ввода данных в контроллер «Минитерм– 400» одним из двух способов:

- с использованием органов управления на лицевой панели контроллера;
- с использованием операторской рабочей станции ПЭВМ.

Рассмотрим 2-й вариант - **Ввод данных с использованием ПЭВМ**

Для решения этой задачи необходимо подготовить корневые папки для выполнения цикла лабораторных работ:

В ПЭВМ в папке «Студенты» создать дерево папок, представленное на рис 31.

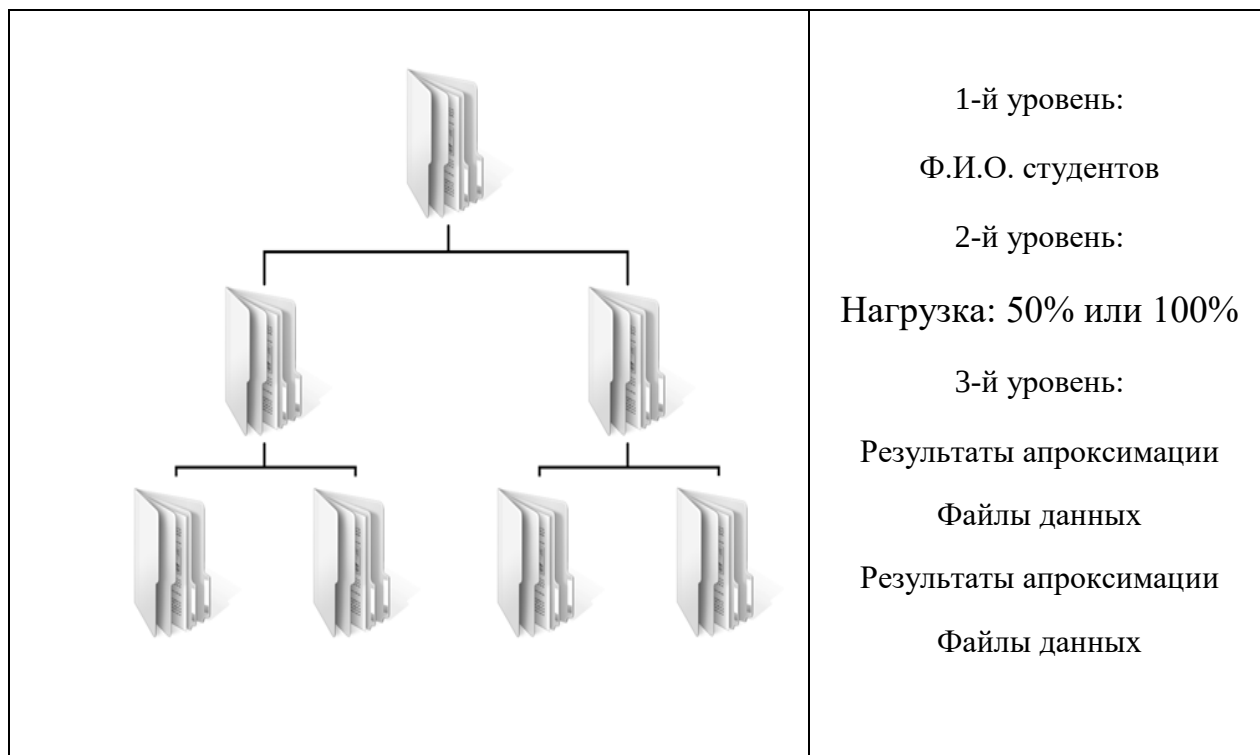


Рис. 31. Структура дерева папок «Студенты»

Полное описание содержания папок находится в материалах сборника лабораторных работ по дисциплине кафедры АТП и П, автор – Смирнов В.Б., 2018 г., 135 с.

В результате создания серии папок для каждого студента формируется файл, имеющий структуру, представленную на рис. 32.

Первые 10 строк этого файла имеют следующие значения:

Первые две строки характеризуют тип объекта и тип входного воздействия. В этом цикле лабораторных работ исследования проводятся со статическим объектом. Также используется ступенчатое входное воздействие. Значения этих строк по умолчанию равно 1.

В третьей и четвертой строке записываются параметры входного воздействия (значение входного воздействия До и После эксперимента соответственно). В качестве входного воздействия понимается величина открытия регулирующей заслонки в %.

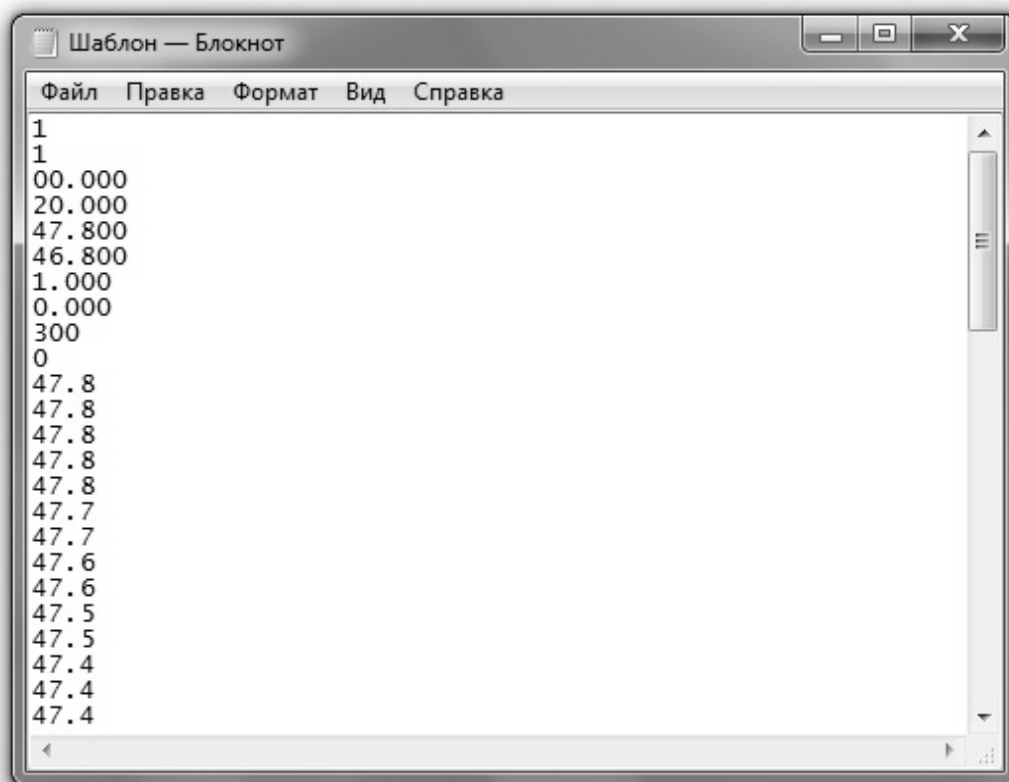


Рис. 32. Внешний вид структуры «Файл данных»

В пятой и шестой строке записываются параметры выходного сигнала объекта (среднее значение выходного сигнала объекта До начала проведения опыта и установившееся среднее значение выходного сигнала После завершения опыта соответственно). Выходным сигналом является значение температуры T2 на выходе из макета.

Седьмая строка – шаг дискретности по времени. Значения параметров снимаются каждую секунду, поэтому шаг дискретности равен 1.

Восьмая строка используется программой и всегда представлена величиной 0.000

Девятая строка – число точек кривой разгона и равна 300. Программа обрабатывает только то количество точек, которое указано в этой строке. Количество заданных точек может превышать это число, но в случае, если их будет меньше, программа автоматически присвоит незаполненному количеству точек значение 0, что недопустимо и приведёт к искажению полученных данных.

Десятая строка также как и восьмая используется программой, её значение изначально равно 0.

Далее следуют строки, заполняемые значениями, полученными в ходе эксперимента.

Для начала обработки данных оператору необходимо:

1. Включить электронный регистратор «Региграф».
2. На ПЭВМ с помощью меню «Пуск» запустить программу «RegDVI», обеспечивающую связь и обмен данными между регистрирующим прибором и ПК. На рис. 33 представлена рабочая область программы.
3. Синхронизировать архивы программы и прибора при помощи кнопки .
4. В открывшемся окне (рис.34) необходимо найти файл, имя которого соответствует дате выполнения лабораторной работы. Данные файлы сохраняются в базе данных в формате «дд-мм-гггг». Как правило, он находится в конце списка.
5. После нахождения необходимого файла выделить его и нажать на кнопку «Экспортировать в CSV». В папке C:\Пароперегреватель\RegeDVI_03\001008 появится новый файл, имя которого должно соответствовать выделенному файлу из списка. Он открывается при помощи программы Microsoft Excel и содержит в себе полную статистику показаний всех датчиков и времени снятия данных от включения регистрирующего прибора до синхронизации архивов. Скопировать и переместить этот файл в созданную ранее папку «Файлы данных». «Студенты»> «100% нагрузка»> «Файлы данных».

Подготовка и создание файла данных

1. Перед началом работы необходимо удостовериться в наличии в рабочей папке «Студенты» двух файлов - «Шаблон» и файл Microsoft Excel, название которого соответствует дате проведения эксперимента в формате

«dd-mm-2222». Убедитесь в наличии заполненной таблицы с данными эксперимента в формате *Microsoft Excel*.

2. Создать 10 копий файла «Шаблон» с присвоением им порядковых чисел от 1 до 10. Эти имена файлов будут являться номером проведенного эксперимента.

Заполнение файлов данных:

3. Открыть файл № 1 и проверить, чтобы в первой, второй и седьмой строках были записаны значения параметров «1». В восьмой и десятой строке значения параметров равны «0». Девятая строка должна иметь значение 300.

4. Третья и четвертая строка заполняются величиной входного воздействия До и После эксперимента соответственно. В файле данных №1 эти строки заполняются как 0.000; 20.000. В файле данных №2 эти строки заполняются как 20.000; 40.000 и т.д. в соответствии со значениями эксперимента



Рис.33. Рабочая область программы RegDVI

Примечание. Пункты 3 и 4 можно выполнять последовательно, а можно сразу выполнить для всех 10 «файлов данных» - по усмотрению студента..

5. Открыть файл *Microsoft Excel* и файл данных №1.

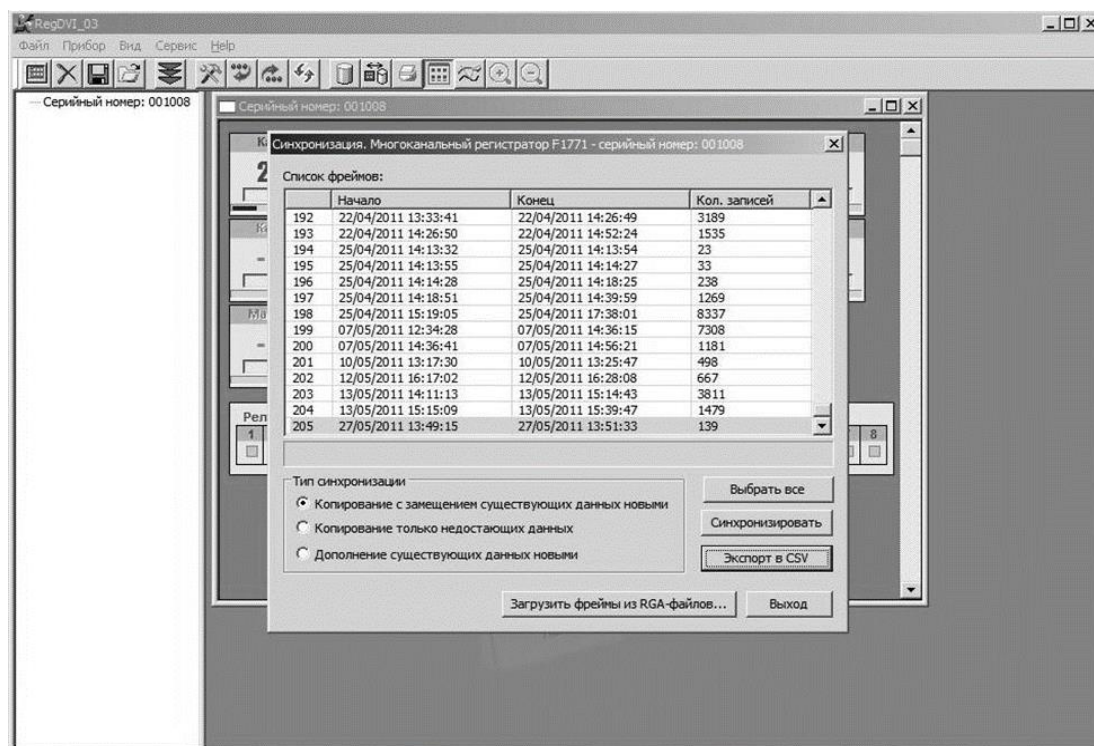


Рис.34. Представление окна синхронизации

6. Используя заполненную таблицу, найти в файле *Microsoft Excel* время начала первого эксперимента, которое соответствует времени, записанном в строке таблицы со значением «% открытия заслонки» - 0% (для 1-го эксперимента). Скопировать данные из столбца T2 за временной промежуток 5 минут, а именно данные, находящиеся в интервале времени, соответствующем «% открытия заслонки» - 0% и 20% (для 1-го эксперимента).

7. Скопированные данные п. 6 вставить в одиннадцатую строку файла данных.

Примечание 1. Программа «*IDEN*» не воспринимает в качестве разделителя знаков **запятую**, поэтому все запятые необходимо заменить на **точки**.

Примечание 2. Рекомендуется выполнить эту операцию при помощи встроенной в текстовый редактор «Блокнот» функции «Заменить» рис. 35. Для использования данной функции необходимо применить сочетание клавиш Ctrl+N, либо функцию «Правка» -> Заменить. В появившемся окне в поле «Что:» вводится « , » а в поле «Чем:» вводится « . », затем нажать кнопку «Заменить все».

8. Заполните пятую и шестую строки. Они содержат параметры выходного сигнала объекта (среднее значение выходного сигнала объекта До опыта и установившееся среднее значение выходного сигнала После

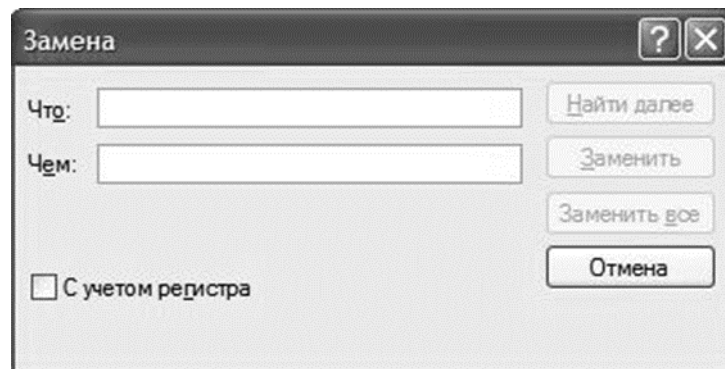


Рис. 35. Раздел программы Блокнот "Замена"

опыта соответственно). В **пятую** строку записывается первое значение, скопированное из файла *Microsoft Excel*, соответствующее одиннадцатой строке файла данных. В **шестую** строку записывается значение последней строки файла данных. Значения этих строк должны совпадать со значениями параметра T2, заполненными в таблице относительно строк 0 % и 20 % (для 1-го эксперимента) открытия задвижки.

Примечание. Если значения не совпадают, значит данные в таблицу заносились несвоевременно. Пример правильно составленного файла данных для эксперимента №1 представлен на рис.36.

9. Сохранить файл данных.

10. Выполнить пункты, начиная с п.4 «Начало обработки данных», по п. 9 «Подготовка и создание «Файла данных» для остальных экспериментов № 2... 10.

Выполнение фрагмента практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данного фрагмента лабораторной работы.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественные характеристики ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественные характеристики.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.

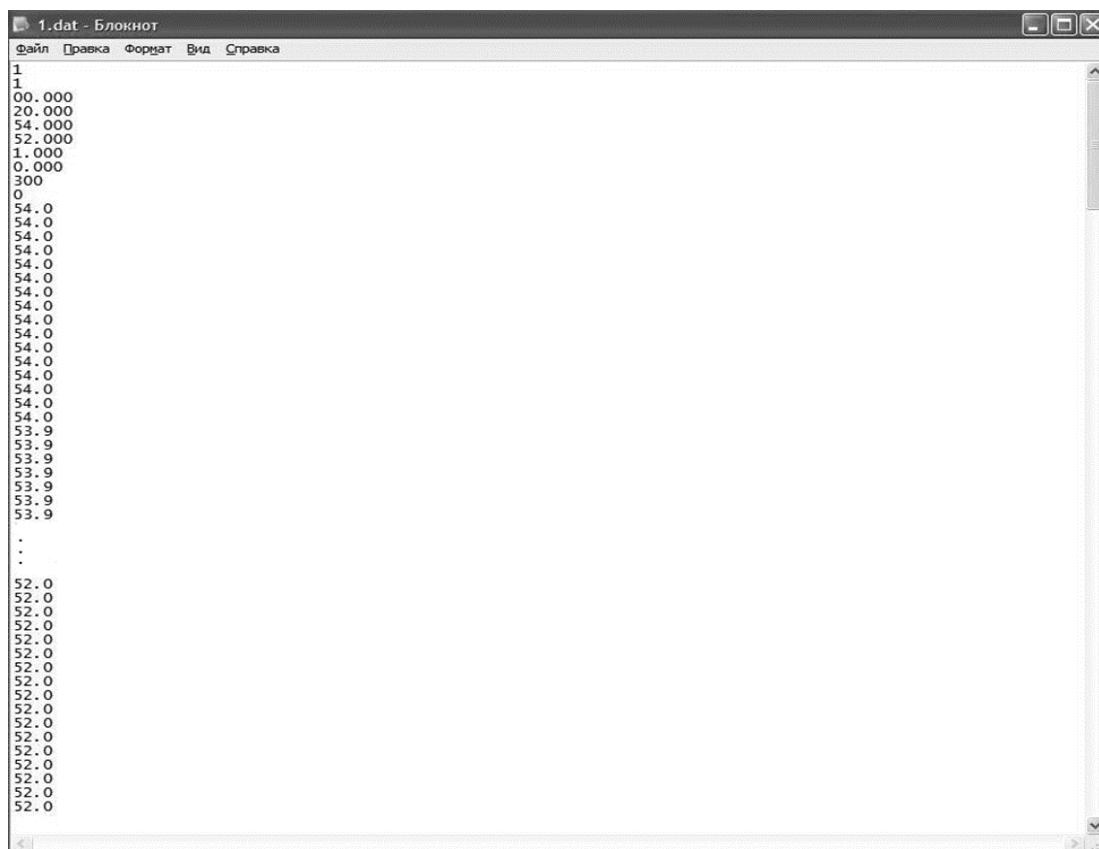


Рис.36. Пример правильно составленного файла данных
для эксперимента №1

6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД $\beta_{общ}$,
 - времени выполнения АД $M_{общ}$ (с, мин);
 - дисперсию времени $D_{общ}$ (с, мин).
7. Представить выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 10

Проверка работоспособности стенда «АСР разрежения в топке котла» (часть 1)

Цель практического задания: изучить состав лабораторного стенда, органы управления и индикации, научиться проверять работоспособность стенда «АСР разрежения в топке котла».

Описание лабораторного стенда

На рис. 37 изображена схема лабораторного стенда. Система автоматического регулирования разрежения в топке котла выполнена по одноимпульсной схеме и работает в ПИ режиме. Разрежение в топке котла измеряется датчиком Метран-100-ДИВ.

Пылесос (дымосос) создает разрежение в макете топки котла. Показания текущего разрежения в топке котла через импульсный отбор преобразуется датчиком Метран-100-ДИВ в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА, который подает сигнал на вход аналогового блока CJ1W-MAD42 контроллера CJ1M фирмы Omron. В контроллере программным путем создан ПИ-регулятор с токовым входным сигналом 4-20 мА и выходным напряжением 0-10 В преобразованными блоком аналоговых входов/выход.

Если действительная величина разрежения равна заданной, сигнал на выходе блока CJ1W-MAD42 равен какому-то вполне определенному постоянному напряжению, соответствующему заданному разрежению и подаваемому на вход электропневматического преобразователя. Система регулирования находится в установившемся режиме. При наличии рассогласования напряжение на выходе CJ1W-MAD42 контроллера CJ1M начинает изменяться в ту или иную сторону, и через электропневматический преобразователь подает команду на исполнительный механизм, который с помощью шарового клапана изменяет расход дымовых газов из топки котла в определенном направлении, стремясь свести рассогласование к нулю и восстановить нормальное разрежение в топке котла.

Для поддержания определенного разрежения установлен шаровой клапан на входе пылесоса. Управление клапаном происходит в как ручном, так и в автоматическом режиме.

Органы управления и индикации

1. Программируемый Контроллер Omron CJ1 (поз.2), имеющий в своем составе модуль аналогового ввода/вывода CJ1W MAD42.

2. Программируемый терминал (ПТ) Omron NT 21-ST121-E (поз. 8) используется в качестве панели оператора для эффективного контроля и управления технологическим оборудованием в режиме реального времени.

3. Измеритель-регулятор технологический ИРТ 5920 (поз.9) предназначен для измерения и контроля температуры, а также других неэлектрических величин, значение которых преобразуются в электрические сигналы силы и напряжения постоянного тока или активное сопротивление.

4. Манометр 1 (поз.10), показывающий текущее давление на выходе электропневматического преобразователя ЭП-1324.

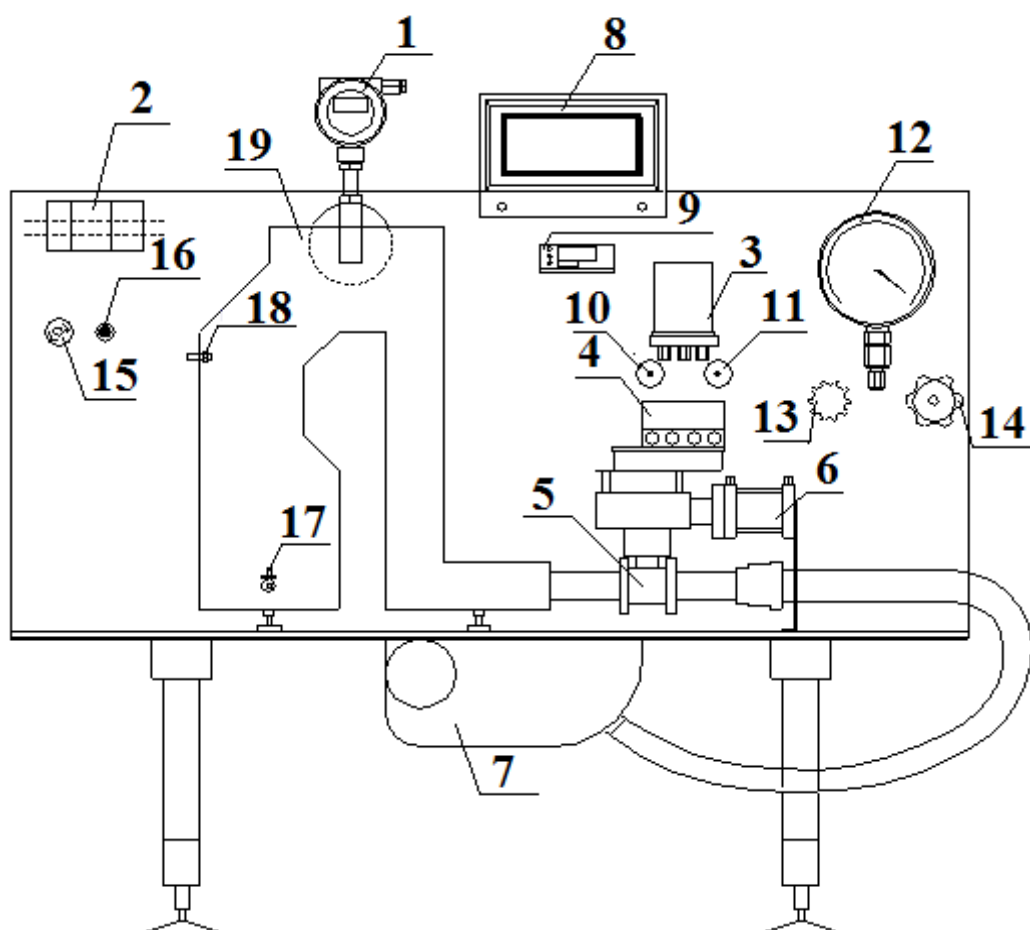


Рис. 37. Внешний вид лабораторного стенда

5. Манометр 2 (поз.11), показывающий текущее давление по питанию на входе электропневматического преобразователя ЭП-1324.

6. Манометр 3 (поз.13), показывающий давление управляющего сигнала на выходе пневматического позиционера ПП2 Eckardt в ручном управлении.

7. Редуктор питания электропневматического преобразователя ЭП-1324 (поз.13), служит для подачи и регулирования питания преобразователя.

8. Редуктор питания пневматического исполнительного механизма ИМ (поз. 14) осуществляет подачу и регулирование питания данного механизма.

9. Автомат электрический (поз. 15), осуществляет подачу общего электропитания на стенд.

10. Автомат электрический (поз. 16), осуществляет подачу электропитания на дымосос.

11. Шаровой клапан (поз. 17), с помощью которого можно имитировать возмущение в системе (рис. 37).

12. Интеллектуальный датчик давления Метран-100-ДИВ (поз.1).

Включение, настройка и проверка работоспособности стенда

При производстве работ оператор осуществляет включение и проверку работоспособности стенда в следующем порядке:

1. После включения питания стенда проконтролировать включение дымососа (пылесоса).
2. На контроллере Omron CJ1 проверить загорание следующих индикаторов:
 - светодиод питания «Power»,
 - светодиод COMM («моргает»),
 - светодиод «RUN» светится зеленым светом.
3. Датчик «Метран» показывает значение 0,001 кПа
4. Проверить включение экрана программируемого терминала Omron NT 21-ST121-E.
5. На Измерителе-регуляторе ИРТ 5920 проверить показание параметров величиной -1,1 (-1,2) мм рт. ст.
6. Проверить отсутствие давления на показывающих манометрах 1,2,3.

При проверке вышеперечисленных пунктов оператор должен убедиться, что стенд находится в работоспособном состоянии.

Отключение стенда производится преподавателем.

Выполнение фрагмента практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данного фрагмента практического задания.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественных характеристики ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.
4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественных характеристик.
5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.
6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:
 - вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД вобщ,
 - времени выполнения АД Мобщ (с, мин);
 - дисперсию времени Добщ. (с, мин).

7. Подготовить выводы по проделанной работе.
8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Задание 11

Исследование АСР разрежения в топке котла (часть 2)

Цель практического задания: исследование АСР разрежения в топке котла с помощью лабораторного стенда «АСР разрежения в топке котла» (см. рис. 37), проанализировать график переходного процесса.

Работа оборудования

Система автоматического регулирования разрежения в топке котла предназначена для поддержания в топке постоянного разрежения для улучшения сгорания топлива. При отсутствии разрежения пламя факела будет «прижиматься» к горелкам, что приведет к обгоранию их и нижней части топки. Дымовые газы при этом будут поступать в помещение цеха, что сделает невозможным работу обслуживающего персонала.

Регулирование разрежения осуществляют посредством изменения количества уходящих газов. Их подача регулируется поворотными заслонками, направляющими аппаратами, изменением скорости вращения рабочего колеса дымососа. Наибольшее распространение получила одноимпульсная схема регулирования разрежения с ПИ – регулятором.

На рис. 38 изображена одноимпульсная структурная схема автоматического регулирования разрежения в топке котла.

В схему входят следующие устройства:

- Задающее устройство (ЗУ), основой которого является персональный компьютер со встроенной SCADA-программой.
- Программируемый логический контроллер ПЛК Omron CJ1.
- Электропневматический преобразователь ПР типа ЭП-1324.
- Исполнительный механизм ИМ - пневматический цилиндр.
- Регулирующий орган РО - шаровой клапан (см. рис. 39).
- Объект управления (ОУ) - макет топки котла БКЗ-75-3.9 ГМА.
- Датчик Метран-100-ДИВ (Д).

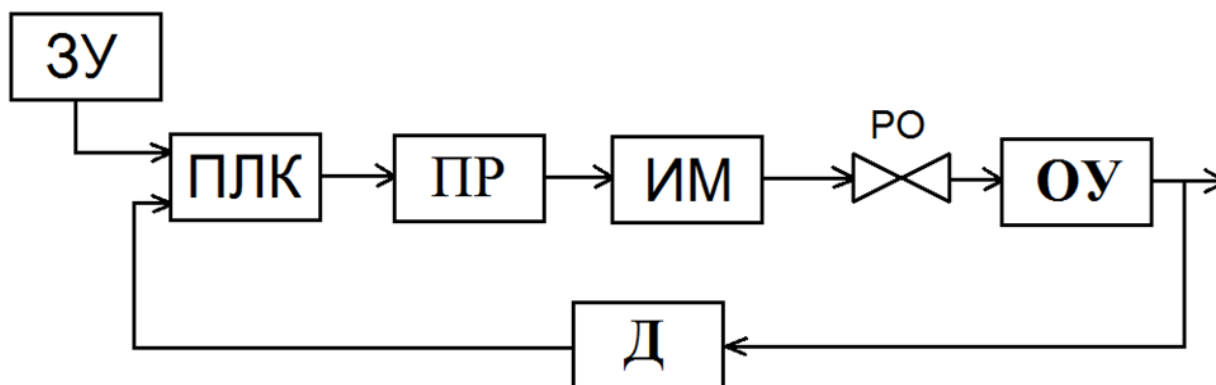


Рис.38. Одноимпульсная структурная САР разрежения в топке котла

Принцип работы стенда

Пылесос (дымосос) создает разрежение в макете топки котла. Показания о текущем разрежении в топке через импульсный отбор преобразуется датчиком Метран-100-ДИВ в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА, который подает сигнал на вход аналогового блока CJ1W-MAD42 контроллера Omron. В контроллере программным способом создан ПИ-регулятор с токовым входным сигналом 4-20 мА и выходным напряжением 0-10 В преобразованным блоком аналоговых входов/выход.

Если действительная величина разрежения равна заданной, сигнал на выходе блока CJ1W-MAD42 равен определенному постоянному напряжению, соответствующему заданному разрежению, подаваемому на вход электропневматического преобразователя ЭП-1234. Система регулирования находится в установившемся режиме. При появлении рассогласования напряжение на выходе CJ1W-MAD42 контроллера начинает изменяться в ту или другую сторону. Электропневматический преобразователь, получив сигнал рассогласования, выдает команду на исполнительный механизм (шаровый клапан), с помощью которого изменяется расход дымовых газов из топки котла в определенном направлении, стремясь привести величину рассогласования к нулю и восстановить нормальное разрежение в топке котла.

Управление шаровым клапаном происходит и в ручном, и в автоматическом режимах (рис. 39). Подробное описание работы системы управления приведены в работе [4].

Порядок выполнения практического задания

Порядок включения и проверки работоспособности стенда были представлены в предыдущем задании. Оператор должен дополнительно выполнить следующие операции:



Рис. 39. Рычаг шарового клапана

1. В меню контроллера OMRON установить параметры настройки регулятора и задать значение разрежения равным 25 Па.
2. Перевести контроллер в автоматический режим работы.
3. В автоматическом режиме снять график переходного процесса, который должен иметь следующий вид (рис. 40).
4. Проанализировать полученный график и оценить качество регулирования.
5. Если качество регулирования удовлетворяют требованиям, то работа завершена, отключить стенд. Если качество регулирования не удовлетворяют требованиям, то перенастроить контроллер и повторить алгоритм, начиная со 2-го пункта.

Выполнение практического задания завершено.

Задание

1. Изучить работу оператора при выполнении им данного фрагмента практического задания.
2. Составить алгоритм деятельности оператора при выполнении им данной задачи в типовых функциональных единицах ОСМ.
3. Произвести снятие временных количественные характеристики ТФЕ с помощью секундомера и определить количество ошибок при проведении операций.

4. Составить в табличном виде перечень ТФЕ алгоритма деятельности с указанием количественные характеристики.

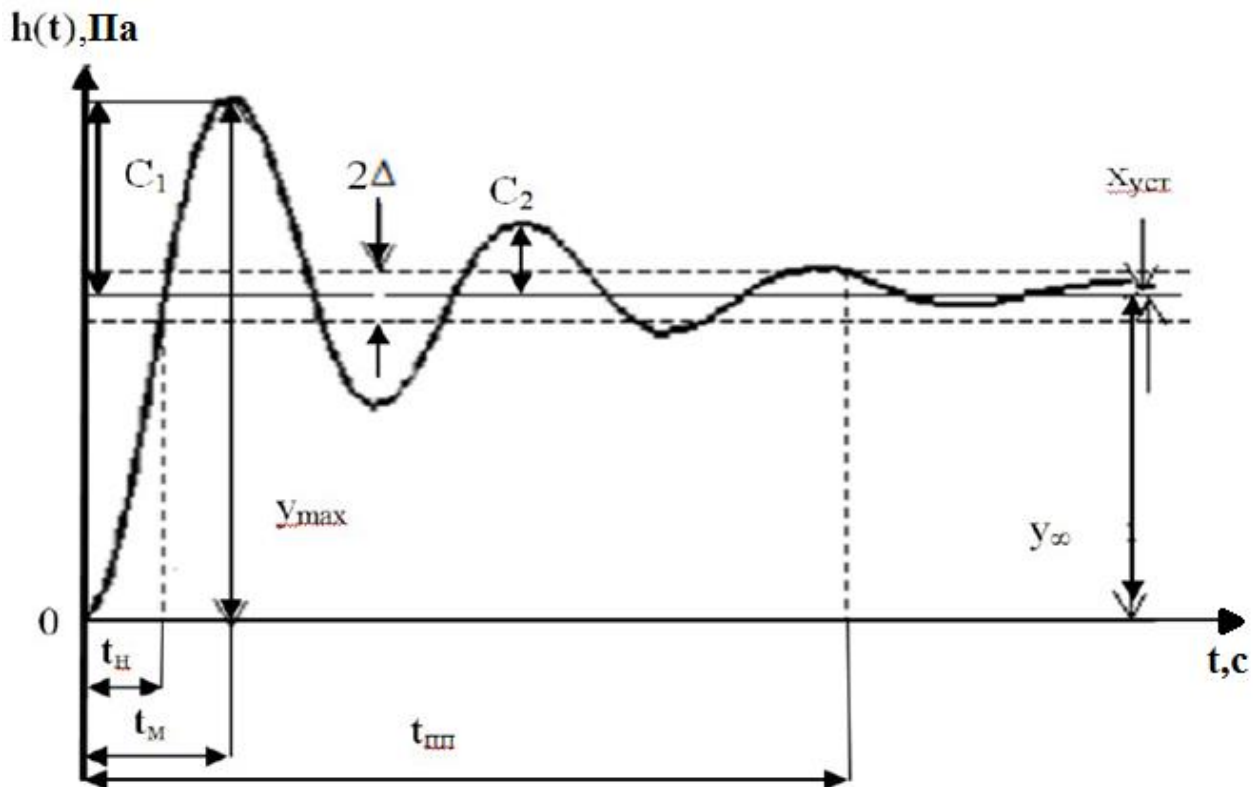


Рис. 40. Типовой график переходного процесса

5. Составить в программе Excel формулы для расчета полученного алгоритма деятельности.

6. Произвести расчет итоговых количественных характеристик:

- вероятности своевременного и безошибочного выполнения АД βобщ,
- времени выполнения АД Мобщ (с, мин);
- дисперсию времени Добщ. (с, мин).

7. Подготовить выводы по проделанной работе.

8. Оформить отчет в соответствии с общими требованиями.

Библиографический список

1. Пневматические и преобразующие устройства автоматических систем контроля и управления: лабораторный практикум / Г.П. Буйлов, В.Н. Остроумов, М.И. Щагина. – СПб.: СПбГТУРП, 2007.- 58 с.
2. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытания: справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашеров и др.; под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993.- 528 с.
3. Рожков В.И., Лахай А.А. Особенности проектирования интерфейса АСУ газораспределительной сети мегаполиса с учетом эргономических требований: материалы международной научно-технической конференции молодых ученых, специалистов в области целлюлозно-бумажной промышленности.- СПб.: ВШТЭ, СПб ГУПТД, 2018. - С. 26-31.
4. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника.- М.: Машиностроение, 1983.- 263 с.
5. Лавров Е. Компьютерная технология моделирования дискретного человеко-машинного взаимодействия: инструкция пользователя. Сумы, Сумский ГУ, 2018. - 34 с.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 1

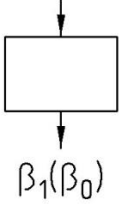
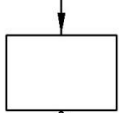
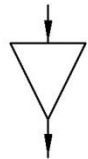
Контрольный лист

По практическому заданию _____
Студент _____ группа _____

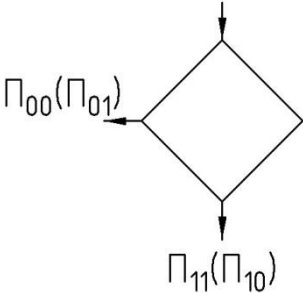
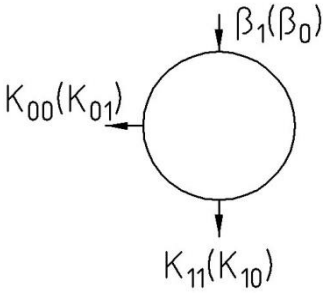
Номер операции	Действия оператора	Время выполнения операции	Количество ошибок
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			

Контролер _____ дата _____

Основные типовые функциональные единицы ОСМ

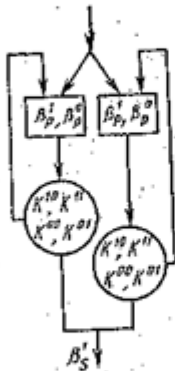
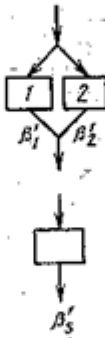
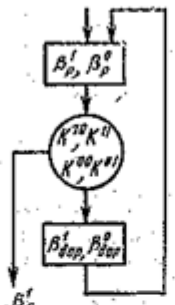
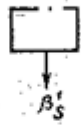
Функциональная единица деятельности и ее графическое изображение	Характеристики безошибочности		Характеристики быстродействия	
	название	условное обозначение	название	условное обозначение
1	2	3	4	5
Рабочая  $\beta_1(\beta_0)$	Вероятность безошибочного выполнения	β_1	Математическое ожидание времени выполнения	$M(T)$
	Вероятность выполнения с ошибкой	β_0	Дисперсия времени выполнения	$D(T)$
Логическая  Исход I Исход II	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	$M(T)$
	Вероятность безошибочного выбора исхода II при фактической необходимости его выбора	β_{22}	Дисперсия времени выполнения	$D(T)$
	Вероятность ошибочного выбора исхода I при фактической необходимости выбора исхода II	β_{21}		
Задержка  $\beta_1(\beta_0)$	Вероятность безошибочного перехода к задержке	β_1	Математическое ожидание времени выполнения	$M(T)$
	Вероятность ошибочного перехода к задержке	β_0	Дисперсия времени выполнения	$D(T)$

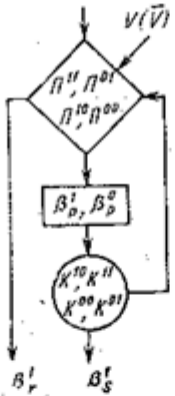
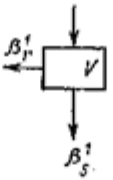
Окончание Приложения 2

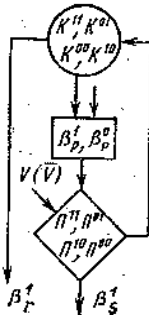
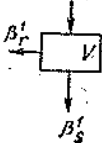
1	2	3	4	5
Диагностический контроль 	Вероятность признания техники исправной при фактической ее исправности	Π_{11}	Математическое ожидание времени выполнения	$M(T)$
	Вероятность признания техники неисправной при фактической ее исправности	Π_{10}	Дисперсия времени выполнения	$D(T)$
	Вероятность признания техники неисправной при фактической ее неисправности	Π_{00}	Вероятность нахождения техники в исправном состоянии	β_1
	Вероятность признания техники исправной при фактической ее неисправности	Π_{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	$M(T)$
	Вероятность признания выполнения единиц неправильным при фактически правильном их выполнении	K_{10}	Дисперсия времени выполнения	$D(T)$
	Вероятность признания выполнения единиц неправильным при фактически неправильном их выполнении	K_{00}	Вероятность безошибочного 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

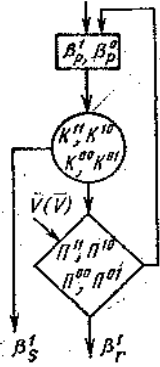
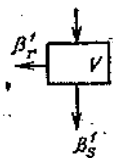
Основные формулы для расчета ТФЕ ОСМ

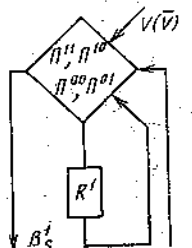
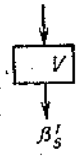
№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
1	Блок последовательно выполняемых основных (рабочих) единиц			$\beta_s^1 = \prod_{i=1}^n \beta_i^1;$ $\beta_s^0 = 1 - \beta_s^1;$ $M(T) = \sum_{i=1}^n M(T_i);$ $D(T) = \sum_{i=1}^n D(T_i)$
2	Блок параллельно 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 $DL =$ $= \frac{\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00}}{[1 - (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})]^2}.$

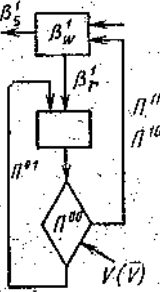
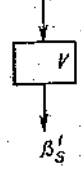
№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
4	Блок параллельно выполняемых основных (рабочих) единиц с раздельным функциональным контролем (РК2)			Значения показателей функциональной надежности определяются путем последовательного применения формул п. 3 к блокам типа РК1, а затем формул п. 2
5	Блок РК1 с доработкой (РК3)			$\beta_s^1 = \frac{\beta_p^1 K^{11} (1 - K^{00} \beta_{дор}^0)}{K^{01} + \beta_p^1 \beta_{дор}^1 \times (K^{11} - K^{01})};$ $\beta_s^0 = 1 - \beta_s^1;$ $M(T) = \{ [(1 - K^{00} \beta_{дор}^0) + \beta_{дор}^0 \times (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})] \times M(T_p) + [\beta_p^1 (1 - \beta_{дор}^0 K^{00}) + (\beta_p^0 + \beta_p^1 \beta_{дор}^0 K^{10})] \times M(T_\phi) + (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00}) M(T_{дор}) \} \times \frac{1}{K^{01} + \beta_p^1 \beta_{дор}^1 \times (K^{11} - K^{01})}.$

№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
6	Блок с предварительным диагностическим и последующим функциональным контролем (ДРК)			$\beta_s^1 = \frac{V \Pi^{11} \beta_p^1 K^{11}}{1 - \Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ $\beta_r^1 = \frac{\bar{V} \Pi^{00}}{1 - \Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ $M(T) = [M(T_p) + M(T_\Phi)] + [M(T_p) + M(T_\Phi) + M(T_d)] \times M(L), \text{ где } M(L) = \frac{1}{1 - \Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ $D(T) = D(T_p) + D(T_\Phi) + [M(T_p) + M(T_\Phi) + M(T_d)]^2 \times D(L) + [D(T_p) + D(T_\Phi)] M(L);$ где $D(L) = \frac{\Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})}{[1 - \Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})]^2}$

№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
7	Блок с диагностическим и функциональным контролем (РДК)			$\beta_s^1 = \frac{V \beta_p^1 \Pi^{11}}{1 - (\beta_p^1 \Pi^{10} K^{10} + \beta_p^0 \Pi^{00} K^{00})};$ $\beta_r^1 = \frac{\bar{V} (\beta_p^1 \Pi^{00} K^{11} + \beta_p^0 \Pi^{00} K^{01})}{1 - (\beta_p^1 \Pi^{10} K^{10} + \beta_p^0 \Pi^{00} K^{00})};$ $M(T) = M(T_p) + M(T_d) + [M(T_p) + M(T_\Phi)] M(L),$ где $M(L) =$ $= \frac{1}{1 - (\beta_p^1 \Pi^{10} K^{10} + \beta_p^0 \Pi^{00} K^{00})};$ $D(T) = D(T_p) + D(T_d) + [M(T_p) + M(T_\Phi) + M(T_d)]^2 D(L) + [D(T_p) + D(T_d)] \times M(L),$ где $D(L) =$ $= \frac{\beta_p^1 \Pi^{10} K^{10} + \beta_p^0 \Pi^{00} K^{00}}{[1 - (\beta_p^1 \Pi^{10} K^{10} + \beta_p^0 \Pi^{00} K^{00})]^2}.$

№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
8	Блок с функциональным и диагностическим контролем (РКД)			$\beta_s^1 = \frac{V \beta_p^1 K^{11}}{1 - \Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ $\beta_r^1 = \frac{\bar{V} \Pi^{00} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})}{1 - \Pi^{01} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ $M(T) = [M(T_p) + M(T_\Phi) + M(T_D)] M(L), \text{ где}$ $M(L) = \frac{1}{1 - \Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})};$ $D(T) = D(T_p) + D(T_\Phi) + [M(T_\Phi) + M(T_p) + M(T_D)]^2 \times$ $\times D(L) + [D(T_p) + D(T_\Phi)] M(L),$ $\text{где } D(L) = \frac{\Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})}{[1 - \Pi^{11} (\beta_p^1 K^{10} + \beta_p^0 K^{00})]^2}$

№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
9	Блок диагностического контроля с восстановлением и повторением диагностического контроля (ДР)			$\beta_s^1 = V\Pi^{11} + R^1\Pi^{11} \times$ $\times \frac{(V\Pi^{10} - \bar{V}\Pi^{00})}{1 - R^1\Pi^{10} - R^0\Pi^{00}},$ где R^1 — вероятность восстановления работоспособности за один восстановительный цикл; $\beta_s^0 = 1 - \beta_s^1; R^0 =$ $= 1 - R^1;$ $M(T) = \frac{V\Pi^{11}}{\beta_s^1} M(T_d) +$ $+ \frac{\beta_s^1 + V\Pi^{11}}{\beta_s^1} M(T_L);$ $M(T_L) = [M(T_R) +$ $+ M(T_d)] M(L),$ где $M(L) =$ $= \frac{1}{1 - R^1\Pi^{10} - R^0\Pi^{00}};$ $D(T) = \frac{V\Pi^{11}}{\beta_s^1} D(T_d) +$ $+ D(T_L) \frac{\beta_s^1 - V\Pi^{11}}{\beta_s^1} \times$ $\times D(T_L), \text{ где } D(T_L) =$ $= D(L) [M(T_R) +$ $+ M(T_d)]^2 + [D(T_R) +$ $+ D(T_d)] M(L);$ $D(L) =$ $= \frac{R^1\Pi^{10} + R^0\Pi^{00}}{(1 - R^1\Pi^{10} - R^0\Pi^{00})^2}$

№ по пор.	Название блока	Графическое изображение	Эквивалентная структура	Расчетные зависимости
10	Блок, состоящий из блока W (под которым понимается или ДРК, или РДК, или РКД) и блока ДР			$\beta_s^1 = \beta_w^1 +$ $+ \frac{\beta_r^1 + \beta_r^0}{1 - R^1 \Pi^{10} - R^0 \Pi^{00}} \times$ $\times R^1 \Pi^{11};$ $M(T) = \frac{\beta_w^1}{\beta_s^1} M(T_w) +$ $+ \frac{\beta_s^1 - \beta_w^1}{\beta_s^1} M(T_L);$ $D(T) = \frac{\beta_w^1}{\beta_s^1} D(T_w) +$ $+ \frac{\beta_s^1 - \beta_w^1}{\beta_s^1} D(T_L);$ $M(T_L)$ и $D(T_L)$ определяются по формулам п. 9

Форма титульного листа отчета по выполнению 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: «Указывается тема работы»

Выполнил (а): студент (ка) гр. № _____ / _____ /

Проверил: преподаватель _____ / _____ /

Санкт-Петербург

20__г.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Инструкция пользователя

Введение.....	70
1.Компьютерная технология моделирования дискретного человеко- машинного взаимодействия в среде MS Excel.....	72
2. Интерфейс пользователя	74
3. Программа оценки алгоритма деятельности человека-оператора.....	76
3.1. Понятие обобщенного структурного метода.....	76
3.2. Организация информационной базы.....	78
3.3. Последовательность действий при формировании таблицы описания обобщенной структуры АФ.....	80
3.4. Выполнение оценки алгоритма функционирования.....	84
3.5. Графическое изображение редукции.....	88
3.6. Сохранение результатов оценки АФ.....	92
3.7 Формирование справочной базы данных.....	94
4. Выбор оптимального варианта закрепления функции между операторами системы.....	98
Выводы.....	102
Библиографический список.....	103

Введение

Современные системы обработки информации и управления (СОИУ) допускают возникновение заявок на решение некоторых задач в случайные моменты времени. Все заявки имеют ранее обусловленный характер, относятся к какому-нибудь типу. Оператор-руководитель обязан идентифицировать заявку, выяснить, не возникала ли такая заявка ранее, определить приоритет заявки по сравнению с уже выполняемыми функциями, время выполнения заявки и назначить оператора-исполнителя для ее реализации.

Учитывая, что на некотором временном отрезке за операторами-исполнителями уже закреплены определенные множества заданий, оператор-руководитель должен иметь информацию о текущем состоянии системы и менее загруженных операторах в произвольный момент времени. Кроме этого, оператор-руководитель должен иметь информацию по каждому конкретному оператору, в какие моменты времени оператор занят выполнением уже запланированных задач, в какое время оператору поступят следующие задачи, какие приоритеты имеют указанные задачи. Исходя из загруженности операторов и с учетом знаний об индивидуальных особенностях подчиненных, руководитель должен иметь возможность оптимально распределить поступившие к реализации новые заявки для выполнения этих заданий. Полученная информация после ее обработки даст руководителю возможность определить временные и надежность показатели качества функционирования всей системы по алгоритмам выполнения регламентных и случайных задач.

В зависимости от конкретной производственной ситуации перед оператором-руководителем может стоять задача выбора оптимального варианта закрепления функции. При этом возможно множество различных постановок задачи оптимизации. Это может быть задача максимизации вероятности безошибочного выполнения. А в тех случаях, когда реализация функции может быть выполнена с нарушениями разных типов, задача может быть сформулирована как задача минимизации ущерба от возможных нарушений.

На показатели качества деятельности операторов СОИУ оказывают влияние факторы рабочей среды. Оператор-руководитель должен иметь возможность оценить степень влияния условий труда на каждом рабочем месте, входящем в состав СОИУ.

Таким образом, указанные выше информационные потребности обосновывают необходимость создания системы поддержки принятия решений оператора-руководителя СОИУ при решении им задачи закрепления поступающих заявок на выполнение функций за операторами-исполнителями.

Предлагаемый программный комплекс обеспечивает автоматизацию формирования ответов на запросы оператора-руководителя, оценку алгоритмов деятельности операторов-исполнителей, оценку рабочих мест операторов СОИУ, а также автоматизацию выбора оптимального варианта закрепления функции за операторами системы.

1. Компьютерная технология моделирования дискретного человеко-машинного взаимодействия в среде MS Excel

Среда автоматизации выбрана исходя из того, что электронные таблицы являются идеальным средством для выполнения вычислений любой сложности без особых затрат на программирование, обеспечивают сохранение больших массивов информации типа реляционных баз данных – больше 60 тыс. записей на каждом листе рабочей книги. В MS Excel входит развитый математический аппарат, специализированные информационные технологии статистического анализа, доступные графические средства представления и анализа данных, поиск оптимального решения. Инструментальные средства программирования Visual Basic for Application (VBA) позволяют создавать готовые приложения и специальные надстройки MS Excel, что обеспечивают высокий уровень автоматизации обработки информации. VBA является визуальным средством программирования, так как позволяет построить экранное представление всей программы, не требуя на это много времени.

Основными требованиями к создаваемой системе является автоматизированная реализация комплекса задач оценивания алгоритмов функционирования человеко-машинных систем (ЧМС) и степени влияния условий труда на каждом рабочем месте, входящем в состав СОИУ, выбор оптимального варианта закрепления функции за операторами системы.

Важным требованием к создаваемой системе являлось реализация функции оценивания алгоритмов функционирования человеко-машинных систем (ЧМС) и степени влияния труда на каждом рабочем месте, входящем

в состав СОИУ, выбор оптимального варианта закрепления задач за операторами системы.

Полное название программного комплекса: "Компьютерная технология моделирования дискретного человеко-машинного взаимодействия". **Условное обозначение** комплекса: «СППР ЗФО. MS Excel».

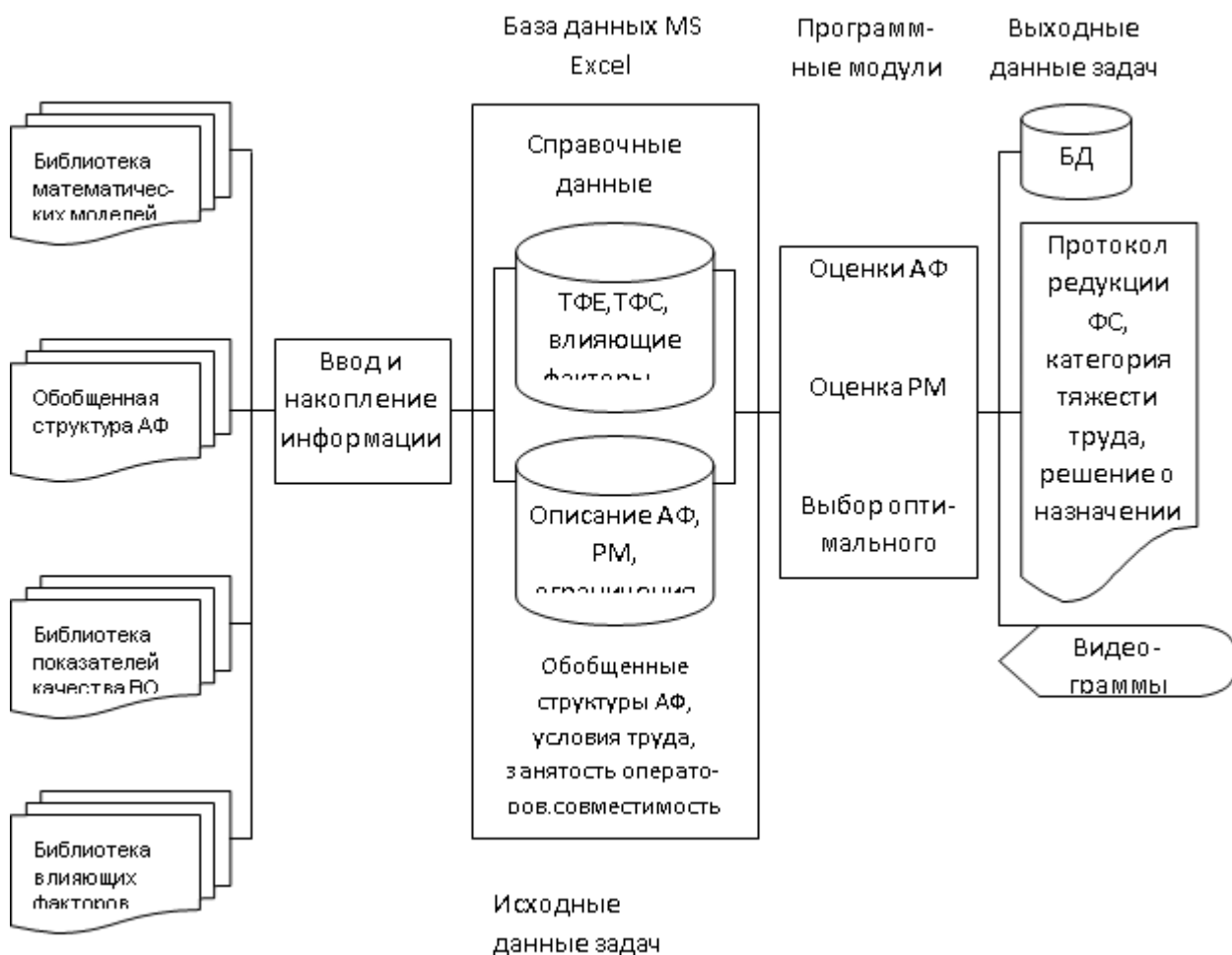


Рис.1.П5. Обобщенная функционально-технологическая схема решения задачи оценки алгоритмов функционирования (АФ)

Все исходные данные, программные модули, необходимые для моделирования человеко-машинного взаимодействия, хранятся в папке MS Excel - *Квалиметрия_ЧМС_Оценка_АФ_Выбор.XLS*;

Кроме этого в этой папке содержатся средства для автоматизированной оценки алгоритмов деятельности операторов и для выбора оптимального назначения оператора на выполнения поступающей функции.

Для решения рассматриваемых задач программного комплекса должен производиться ввод и накопление табличного описания обобщенной структуры алгоритмов функционирования, влияющих факторов на условия

труда на каждом рабочем месте, ограничения, целевые функции для выбора оптимального варианта закрепления функции и т.п. Справочная информация о ТФЕ и ТФС (в том числе графическое изображение), влияющие факторы, а также информация о показателях качества выполнения операций должна быть заранее загружена в базу данных MS Excel. В соответствии с этим обобщенная функционально-технологическая схема ввода входной информации и решение рассматриваемых задач с помощью программного комплекса «СППР ЗФО. MS Excel» приведены на рис.1.П5.

2. Интерфейс пользователя

Пользовательский интерфейс - это способы и приемы отображения информации на экране, с одной стороны, и диалога пользователей с программой — с другой. Пользовательский интерфейс служит двум целям: отображает информацию на экране и принимает от пользователя команды и дополнительные данные. Цель интерфейса - это поддержание нормального диалога с пользователем. Все элементы интерфейса делятся на две группы; формы и объекты. VBA содержит графическую среду, позволяющую наглядно конструировать экранные формы и управляющие элементы. Формы определяют размер, размещение и фон окон, которые представляют программу. Объектами являются различные элементы, такие как кнопки или переключатели, способные поддерживать диалог с пользователем.

Любое событие совершается в отношении какого-нибудь элемента пользовательского интерфейса. Например, пользователь обычно щелкает кнопкой мыши только тогда, когда курсор наведен на какой-то объект интерфейса (на кнопку, текстовое поле или на команду меню). Каждый объект может иметь одну или несколько процедур обработки событий, и каждая процедура соответствует какому-то определенному событию (например, щелчку кнопкой мыши или нажатию клавиши).

Одним из основных элементов интерфейса пользователя является Главная форма системы (рис.2.П5), которая открывается нажатием кнопки <Главная управляющая форма>.

Кнопка размещена в верхней части рабочего листа «Оценка АФ» рабочей книги *Квалиметрия_ЧМС_Оценка_АФ_Выбор.XLS*. Главная форма содержит кнопки управления, которые инициируют выполнение всех программных модулей системы. Надписи на кнопках отвечают названиям программных модулей. При нажатии кнопок главной формы могут открываться другие экранные формы, содержащие поля ввода, поля со

списками для выбора, графическое изображение ТФС и ТФЕ, влияющих факторов, кнопки управления.

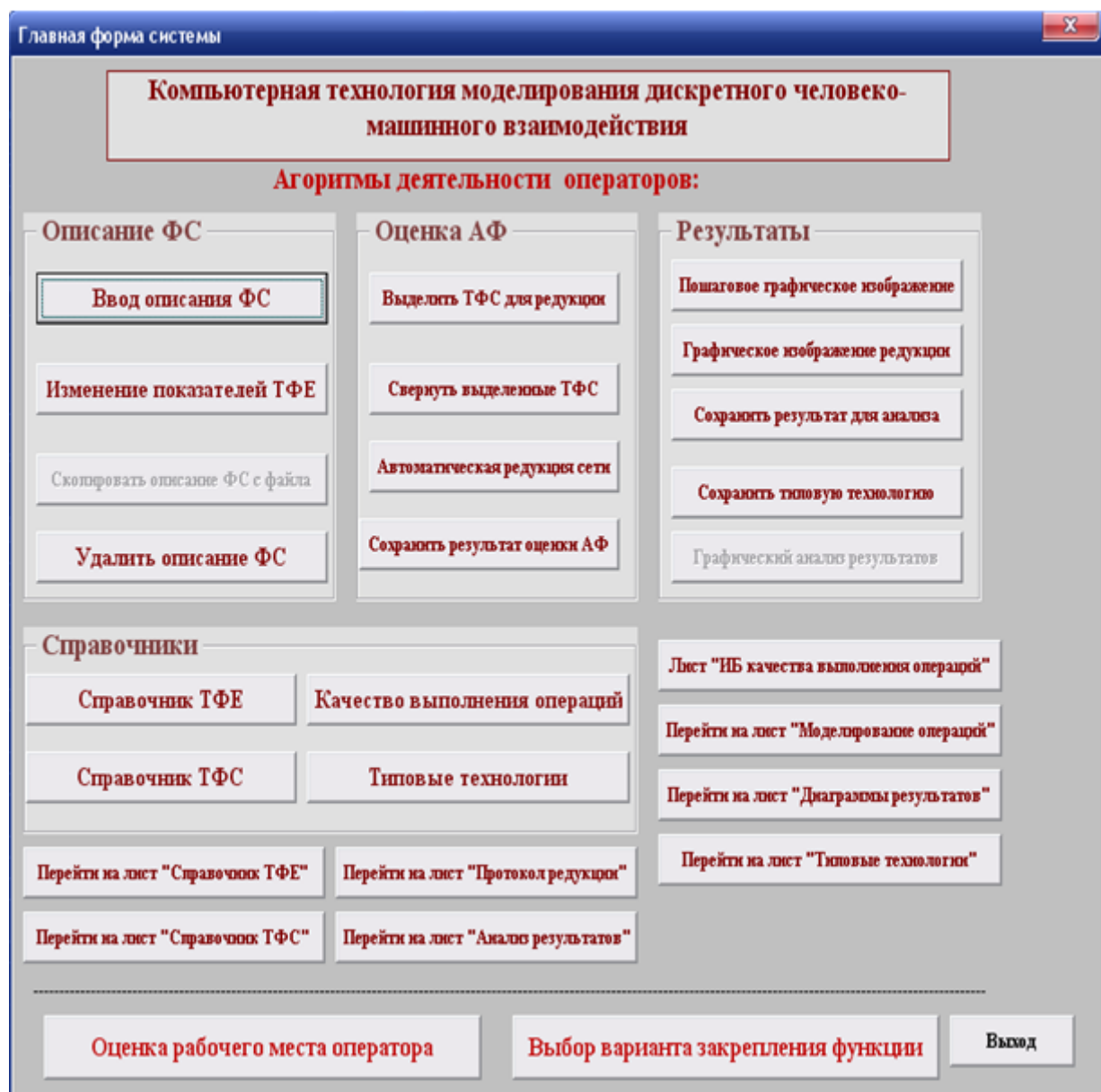


Рис.2.П5. Главная форма программного комплекса
«СППР 3ФО MS Excel»

3. Программа оценки алгоритма деятельности человека-оператора

3.1. Понятие обобщенного структурного метода

Моделирование процессов функционирования ЧМС осуществляется на основе аппарата функциональных сетей, обобщенного структурного метода описания и количественной оценки АФ ЧМС. Обобщенный структурный метод (ОСМ) разработан проф. А.И. Губинским [1] и развит в работах его

учеников и коллег по этому направлению [2,3,4]. Метод состоит в следующем:

1. Любая дискретная деятельность описывается набором функциональных элементов, называемых типовыми функциональными единицами (ТФЕ); эти элементы отражают рабочие операции (действия) и логические условия, которые их связывают.

2. Каждый элемент – ТФЕ характеризуется показателем надежности и временем выполнения.

3. Набор ТФЕ образует блоки (функциональные структуры – ФС). Наиболее часто встречающиеся блоки называются типовыми функциональными структурами – ТФС. Типовые функциональные структуры представляют собой некоторые типичные повторяющиеся совокупности типовых функциональных единиц, в которых операции, имеющие определенное функциональное значение, соединены (взаимодействуют определенным образом) между собой. Структура ТФС и содержание входящих в нее ТФЕ определяют надежностные и временные характеристики этой ТФС. Существует библиотека ТФС, в которой имеются расчетные формулы для определения основных временных и надежностных характеристик ТФС [2].

4. Последовательным объединением ТФЕ в ТФС, заменой ТФС эквивалентной ТФЕ и последующим объединением эквивалентных ТФЕ в новые ТФС можно получить полную оценку качества выполнения всего алгоритма функционирования (АФ) ЧМС.

В ОСМ для описания и оценки ЧМС вводятся следующие типы функциональных элементов [2]:

1. Функциональные элементы (или функционеры) – любые виды операций, фактически выполняемые и требующие для своего выполнения затрат некоторых ресурсов: времени, стоимости, запасов и т.д.;

2. Композиционные элементы (или композиционеры) – любые виды условий (n-арные отношения, логические функции и т.д.), определяющие логико-функциональную взаимосвязь между операторами и не требующие расходования ресурсов для своей реализации. Другими словами, функционеры соответствуют реальным операциям или действиям человека, рабочим операциям технологического оборудования, средств вычислительной техники и программных средств в анализируемом процессе функционирования, а композиционеры – некоторым взаимосвязям операций и логическим функциям.

Библиотека функционеров и композиционеров, как уже указывалось, приведена в [2]. Для всех рассмотренных ТФЕ существуют специальные графические обозначения; каждая ТФЕ характеризуется показателями качества выполнения, которые могут быть определены на основе статистических данных путем расчета или опроса экспертов.

Для того чтобы построить модель процесса функционирования для последующей оценки показателей качества, необходимо выполнить 5 этапов:

Этап 1. Перечислить получаемые продукты труда (один или несколько).

Этап 2. Для каждого продукта назначить те показатели, которые предполагается получить в результате оценки (вероятность безошибочного выполнения алгоритма; среднее время, затраченное на получение продукта труда; дисперсию времени выполнения и т.д.).

Этап 3. Собрать исходные данные: составить таблицу с перечнем всех работ, входящих в алгоритм функционирования, и поставить в соответствие каждой операции ее модель (ТФЕ), указать исходные характеристики для каждой операции.

Этап 4. Составить модель алгоритма функционирования в виде функциональной сети (ФС), используя исходные данные этапа 3.

Этап 5. Осуществить свёртку ФС с параллельным пересчётом показателей надёжности.

Вероятностно-временные и ресурсно-стоимостные показатели рассчитываются только для типовых функциональных структур (ТФС), представляющих собой набор наиболее часто встречаемых моделей функционирования ЧМС, из которых, как из элементов, строится модель исследуемого ПФ. Каждая ТФС может быть укрупнена до типовой функциональной единицы (ТФЕ). ТФС рассматриваются как правила редукции (правила укрупнения ТФС до эквивалентной им ТФЕ и выполнения расчета показателей этой ТФЕ). Выделение в ПФ ЧМС типовых функциональных структур и замена их на эквивалентные элементы ТФЕ продолжается до тех пор, пока вся функциональная сеть не будет редуцирована к эквивалентной ТФЕ, если это возможно. Показатели качества этой ТФЕ и есть показатели качества процесса функционирования.

3.2. Организация информационной базы

Все данные, необходимые для автоматизации оценивания алгоритмов функционирования ЧМС представляются таблицами (базами данных) на рабочих листах книги MS Excel. Каждая таблица описывает один из

информационных объектов, выделенных в процессе информационного анализа предметной области (в данном случае – это процесс оценивания алгоритмов функционирования ЧМС).

Кроме указанных данных в программе, реализованной в среде MS Excel содержится база данных, включающая в себя программные модули и элементы интерфейса пользователя. Структура данных и их размещение показаны на рис. 3.П5.

Таблицы, представленные на рис. 3.П5, носят справочный и информационный характер. Справочные таблицы (рабочие листы книги MS Excel) заполняются до начала эксплуатации системы и в дальнейшем корректируются. К ним относятся «Справочник ТФЕ», «Справочник ТФС», «ИБ качества выполнения операций». Остальные таблицы формируются и заполняются программой во время проведения расчетов. Рабочий лист «Оценка АФ» отображает исходное описание ФС и состояние ФС после каждого этапа сворачивания. Кроме книги MS Excel, указанной выше структуры, до комплекса «Оценка АФ. MS Excel» входят файлы типа «jpg», содержащие графическое изображение типовых функциональных структур (TFS_RK.jpg, TFS_RR.jpg, TFS_RKR.jpg и др.)

Программа разработана средствами Visual Basic for Application (VBA) с использованием библиотечных функций системной среды MS Excel.

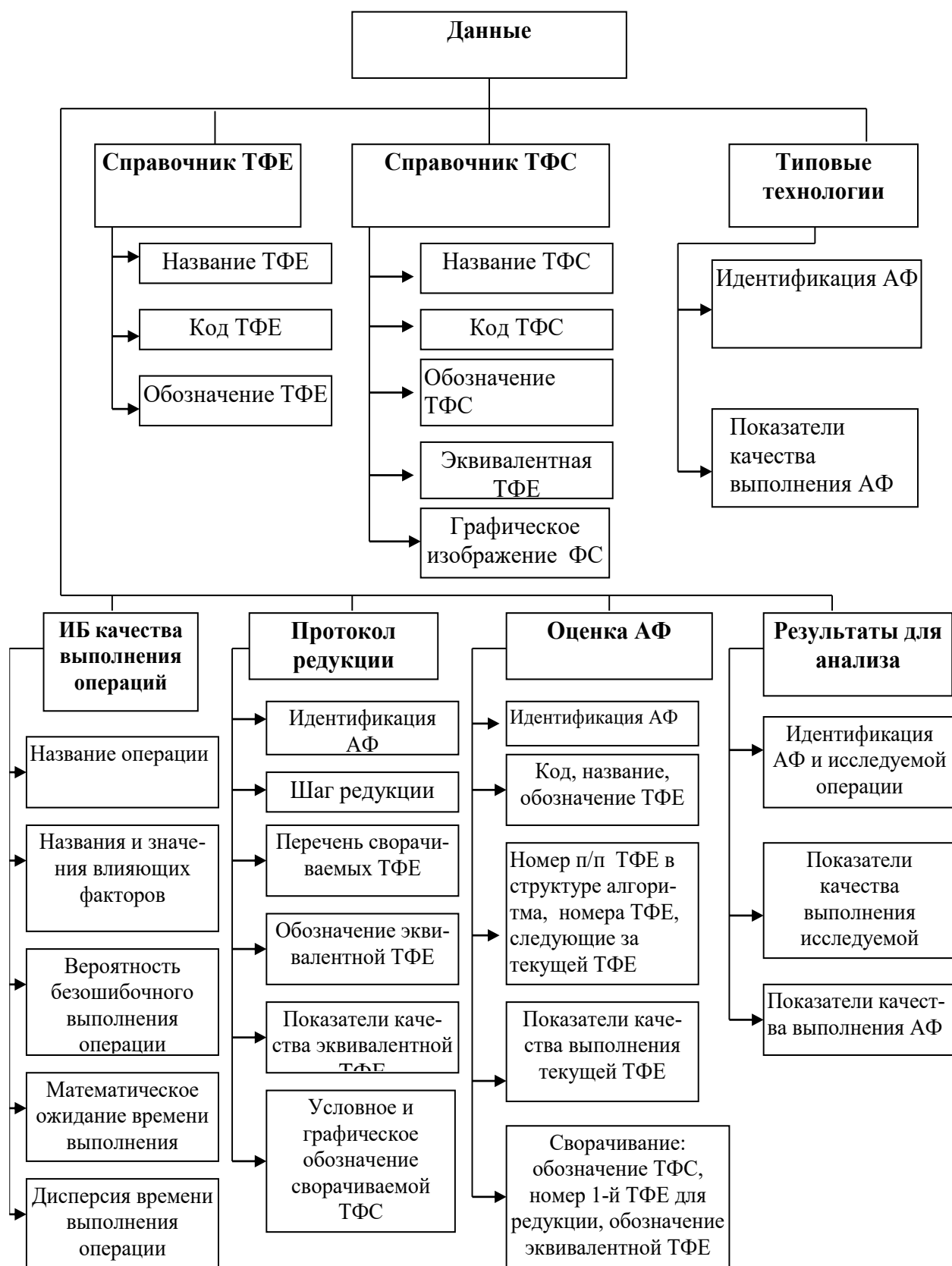


Рис.3.П5. Структура данных и их размещение на листах MS Excel

3.3. Последовательность действий при формировании таблицы описания обобщенной структуры АФ

Для лучшего понимания дальнейших объяснений, рассмотрим пример оценки алгоритма функционирования, обобщенная структура которого показана на рис.4.П5.

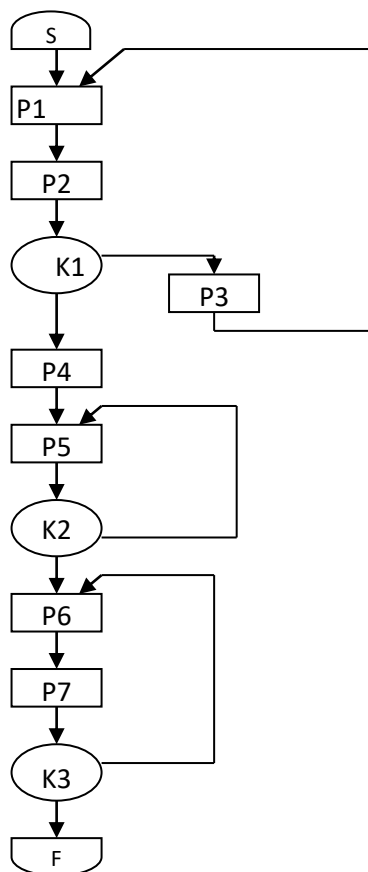


Рис.4.П5. Обобщенная структура алгоритма деятельности

Исходные данные представлены в табл. 1.П5 и 2.П5. В этих таблицах приняты следующие обозначения:

- B^1 – вероятность безошибочного выполнения;
- K^{00} - вероятность обнаружения ошибки при ее наличии;
- K^{11} - вероятность обнаружения отсутствия ошибки при ее отсутствии;
- M - математическое ожидание времени выполнения;
- D - дисперсия времени выполнения.

Таблица 1.П5

Показатели качества выполнения рабочих ТФЕ

Показатель		Операция						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Вероятность B^1		0,999	0,998	0,997	0,995	0,989	0,999	0,999
Временной	M, с	5,1	3,0	8,5	1,7	2,3	10,0	9,0
	D, с ²	0,3	0,4	0,7	0,1	0,2	1,1	0,8

Таблица 2.П5

Показатели качества выполнения контрольных ТФЕ

Показатель		Операция		
		K1	K2	K3
Вероятность	K^{11}	0,990	0,995	0,997
	K^{00}	0,975	0,990	0,991
Временной	M, с	4,0	4,5	5,0
	D, с ²	0,7	0,6	1,0

1. Загрузить на выполнение табличный процессор MS Excel. Открыть дистрибутивную книгу MS Excel «Квалиметрия_ЧМС_Оценка_АФ_Выбор.XLS», выполнив команду «**Файл-Открыть**». Переименовать файл (желательно, в целях безопасности) командой «**Файл- Сохранить как...**», задав имя, например, «Оценивание АФ_Система 1.xls».

2. Сделать активным рабочий лист «Оценка_АФ».

3. Открыть главную форму системы, нажав на рабочем листе «Оценка_АФ» кнопку с надписью «Главная управляющая форма». Вид главной формы показан на рис.2.П5.

4. Если рабочий лист «Оценка_АФ» содержит описание АФ и результаты предыдущих расчетов, то удалить описание, расчеты, протоколы редукции, нажав на Главной форме кнопку с надписью «Удалить описание ФС». В открывающихся диалоговых окнах указать диапазон строчек на листе «Оценка_АФ», которые необходимо очистить. Номер начальной строки по умолчанию – 15.

5. Для инициирования начала ввода описания обобщенной структуры АФ нажать на Главной форме кнопку с надписью «Ввод описания ФС». В результате откроется экранная форма ввода, показанная на рис.5.П5.

6. Экранная форма содержит четыре группы полей ввода: «Идентификация технологии», «Типовая функциональная единица», «Переходы (продолжение функционирования)», «Показатели выполнения

ТФЕ», поля-списки для выбора существующей технологии и выбора операции из соответствующих справочников, а также кнопки навигации.

ВВОД ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СЕТИ

Идентификация технологии

Название системы: Система 1

Название подсистемы: Подсистема 11

Название процесса: Процесс 1

Номер строки таблицы начала описания ФС: 15

Типовая функциональная единица

Номер п/п: 2

Название ТФЕ: 1 - Рабочая

Код ТФЕ: 1

Обозначение ТФЕ: P1

Переходы (продолжение функционирования)

При последовательном выполнении операций алгоритма: 3

При невыполнении условия по КФ: 0

При невыполнении условия по КР: 0

На продолжение цикла: 0

Номер на выход из цикла: 0

Количество повторений в цикле: 0

Показатели выполнения ТФЕ

Вероятность выполнения рабочей операции без ошибки (B1): .999

Вероятность того, что фактически правильное выполнение будет признано правильным (K11/P11): 0

Вероятность того, что фактически неправильное выполнение будет признано неправильным (K00/P00): 0

Математическое ожидание времени выполнения операции (M(T)): 5.1

Дисперсия времени выполнения (D(T)): .3

Выбрать существующую технологию-->

Выбрать операцию из ИБ качества вып. операций-->

Скопировать ФС Предыдущая Следующая Сохранить Добавить Выход

Рис.5.П5. Экранная форма ввода описания обобщенной структуры АФ

Группа «Идентификация технологии» содержит поля для ввода названия системы, названия подсистемы и названия процесса. В группе полей «Типовая функциональная единица» поле «Название ТФЕ» заполняется выбором из списка (рис.6.П5). Поле «Код ТФЕ» заполняется после выбора автоматически. Первой в описании должна быть ТФЕ «Стартер». В группе «Переходы (продолжение функционирования)» заполняются поля (или поле), которые означают номера операций, выполняющихся после текущей операции в зависимости от разных исходов (по контролю функционирования, по контролю работоспособности, по циклам). В группе «Показатели выполнения ТФЕ» заполняются поля, содержащие показатели качества выполнения текущей операции. В этой и предыдущей группе для ввода открыты только те поля, которые отвечают типу текущей ТФЕ. Например, для ТФЕ «Стартер» (код – 91) для ввода открыто только поле перехода при последовательном выполнении операций алгоритма (рис.6.П5).

При выборе из списка существующей технологии или операции из информационной базы качества выполнения операций поля показателей качества выполнения операций заполняются автоматически.

6. После заполнения полей, касающихся текущей ТФЕ, для сохранения данных на рабочем листе «Оценка_АФ» необходимо нажать кнопку с надписью «Сохранить».

7. Для заполнения данных по следующей ТФЕ необходимо нажать кнопку с надписью «Добавить» и повторить действия, описанные в п. 6 и п. 7. Последней в описании структуры должна быть ТФЕ «Финишер» (код -99). Заканчивается ввод описания структуры АФ нажатием кнопки с надписью «Выход». Описание обобщенной структуры АФ рассматриваемого примера на рабочем листе «Оценка_АФ» будет иметь вид, показанный на рис.7.П5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Оценка алгоритма функционирования системы "человек-машина"																	
2	Путь к графическим файлам ТФС D:\PNE\My_New_Work\АСИРАТУРА\Редукция ФС для лаб работ																	
3																		
4	Название системы:		Система 1															
5	Название подсистемы:		Подсистема 11															
6	Название процесса:		Процесс 1															
7																		
8																		
9	Главная управляющая форма																	
10			Описание функциональной сети															
11																		
12	Номер п/п	Название ТФЕ	Код ТФЕ	Обозначение ТФЕ	Продолжение					Сворачивание			Вероятность выполнения рабочей операции без ошибки	Вероятность того, что фактически правильное выполнение будет признано правильным	Вероятность того, что фактически неправильное выполнение будет признано неправильным	Математическое время выполнения операции	Дисперсия времени выполнения	
13					При выполнении по условию	При невыполнении по КФ	При невыполнении по КР	На продолжение цикла	Номер на выходе из цикла	Количество повторов в цикле	Код ТФС для редукции	Номер 1-й ТФЕ для редукции						Обозначение ТФЕ на следующем этапе
14	N01	NameTFE	N04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	N01	N04	TX05	B_1^{-1}	K_1^{-11}	K_1^{-00}	M(T)	O(T)
15	1	91-Стартер	91	Старт	2													
16	2	1-Рабочая	1	P1	3	0	0	0	0	0				0,999000	0,000000	0,000000	5,100000	0,300000
17	3	1-Рабочая	1	P2	4									0,998000			3,000000	0,400000
18	4	3-Контроль функционирования	3	K1	6	5									0,99	0,975	4,000000	0,700000
19	5	1-Рабочая	1	P3	2									0,997			8,500000	0,700000
20	6	1-Рабочая	1	P4	7	0	0	0	0	0				0,995000	0,000000	0,000000	1,700000	0,100000
21	7	1-Рабочая	1	P5	8									0,999			2,300000	0,200000
22	8	3-Контроль функционирования	3	K2	9	7									0,995	0,99	4,500000	0,600000
23	9	1-Рабочая	1	P6	10									0,999000			10,000000	1,100000
24	10	1-Рабочая	1	P7	11									0,999000	0,000000	0,000000	9,000000	0,800000
25	11	3-Контроль функционирования	3	K3	12	9									0,997	0,991	5	1
26	12	99-Финишер	99	Финиш														

Рис.7.П5. Описание обобщенной структуры АФ на рабочем листе «Оценка_АФ»

3.4. Выполнение оценки алгоритма функционирования

Оценивание алгоритма функционирования с помощью предложенного программы осуществляется в двух режимах: пошаговое сворачивание функциональной сети, автоматическое сворачивание функциональной сети.

При первом режиме исходная функциональная сеть сначала программно анализируется на наличие в ней структур для сворачивания. При обнаружении таких ТФС они помечаются, а именно - выделяются другим цветом строки таблицы, описывающие структуру для сворачивания. Указывается также эквивалентная ТФЕ, которой заменяется выявленная структура. Пользователь может просмотреть графическое изображение предлагаемых на сворачивание структур и им эквивалентных ТФЕ. При решении о продолжении редукции сети, рассчитываются показатели эквивалентных ТФЕ.

Новая структура алгоритма функционирования, полученная из исходной (или текущей) путем замены выделенных ТФС на эквивалентные им ТФЕ, заносится на новую область электронной таблицы (рабочий лист таблицы, колонки таблицы отвечают исходной сети, нумерация строк увеличивается). Кроме этого, формируются и заносятся в таблицу записи, отображающие протокол редукции поточного шага сворачивания функциональной сети.

Новая структура алгоритма функционирования становится текущей и анализируется на наличие в ней структур для сворачивания. Процедуры сворачивания повторяются до тех пор, пока структура исследуемого алгоритма не будет приведена к одной обобщенной ТФЕ, показатели качества которой и будут представлять собой обобщенную характеристику алгоритма функционирования ЧМС.

Обобщенная типовая функциональная единица, полученные показатели качества, а также атрибуты, которые идентифицируют исходный алгоритм функционирования, могут быть занесены в справочник типовых технологий для дальнейшего использования.

Второй режим характерен тем, что процедуры сворачивания автоматически повторяются, начиная с анализа исходной функциональной сети, до тех пор, пока структура исследуемого алгоритма не будет приведена к одной обобщенной типовой функциональной единице. Но при этом промежуточные состояния ФС выводятся на рабочий лист электронной таблицы. Формируется протокол редукции ФС и, в соответствии с ним, возможен просмотр графического изображения процесса сворачивания.

Последовательность действий для осуществления оценки АФ

1. Открыть книгу MS Excel, содержащую подготовленное по правилам, представленным в п.3.3, с.81), описание обобщенной структуры АФ. Для этого выполнить команду **«Файл-Открыть»**, указать имя файла, например, *«Оценивание АФ_Система 1.xls»*.
2. Сделать активным рабочий лист *«Оценка_АФ»*. Вид рабочего листа показан на рис.7.П5.
3. Открыть Главную форму системы. Дальнейшие действия зависят от выбираемого режима редукции.
4. Если пользователь выбирает поэтапное сворачивание сети, то в группе кнопок *«Оценка АФ»* нажать кнопку с надписью **«Выделить ТФС для редукции»**. В открывающихся диалоговых окнах задать номер строки начала описания ФС (рис.8.П5) и номер строки конца описания ФС или отказаться от выделения ТФС для редукции. В результате выполнения модуля в таблице описания ФС строки, представляющие ТФС для сворачивания на данном этапе, будут выделены другим цветом. Кроме этого, в группе колонок *«Сворачивание»* в выделенных строках указывается условное обозначение ТФС для сворачивания (например, *«RR»* - последовательность рабочих ТФЕ, *“RK”* – рабочая –контроль функционирования), номер первой строки сворачиваемой структуры (например, 2, 9) и обозначение эквивалентной ТФЕ (Рэ1, Рэ2 и т.д.). Описание ФС на текущем этапе примет вид, показанный на рис.9.П5.

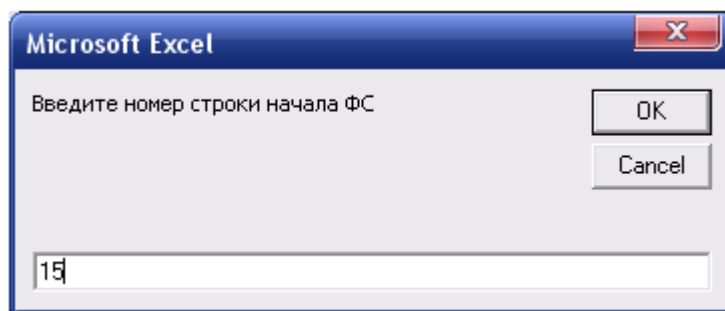


Рис.8.П5. Диалоговое окно для ввода номера строки начала описания ФС

5. Для дальнейшего сворачивания выделенных фрагментов функциональной сети в группе кнопок *«Оценка АФ»* нажать кнопку с надписью **«Свернуть выделенные ТФС»** и, аналогично предыдущему, задать номер начальной и конечной строки описания ФС. В результате выполнения модуля новое состояние функциональной сети заносится на продолжение электронной таблицы. При этом заполняются и форматируются аналогично

изначальному состоянию заголовки таблицы, увеличивается нумерация строк, формируются и заносятся в таблицу записи, отображающие протокол редукции поточного шага сворачивания функциональной сети. Описание ФС после этого принимает вид, показанный на рис.10.П5.

9	Главная управляющая форма																	
10	Описание функциональной сети																	
11																		
12	Номер n/h	Название ТФЕ	Код ТФЕ	Обозначение ТФЕ	Продолжение					Сворачивание				Вероятность выполнения рабочей операции без ошибки	Вероятность того, что фактически правильное выполнение будет признано правильным	Вероятность того, что фактически неправильное выполнение будет признано неправильным	Мат. ожидания времени выполнения операции	Дисперсия времени выполнения
13					При выполнении условия	При невыполнении по КФ	При невыполнении по КР	На продолжение цикла	Номер на выход из цикла	Количество повторений в цикле	Код ТФС для редукции	Номер 1-й ТФЕ для редукции	Обозначение ТФЕ на следующем этапе					
14	N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	N01	N04	TX05	B_1^1	K_1^{11}	K_1^{10}	M(T)	D(T)
15	1	01-Стартер	01	Старт	2													
16	2	1 - Рабочая	1	P1	3	0	0	0	0	0	RR	2	Pa1	0,999000	0,000000	0,000000	5,100000	0,300000
17	3	1 - Рабочая	1	P2	4						RR	2	Pa1	0,998000			3,000000	0,400000
18	3	3 - Контроль функционирования	3	K1	6	5									0,99	0,975	4,000000	0,700000
19	5	1 - Рабочая	1	P3	2									0,997			8,500000	0,700000
20	6	1 - Рабочая	1	P4	7	0	0	0	0	0				0,995000	0,000000	0,000000	1,700000	0,100000
21	7	1 - Рабочая	1	P5	8									0,989			2,300000	0,200000
22	3	3 - Контроль функционирования	3	K2	9	7									0,995	0,99	4,500000	0,800000
23	9	1 - Рабочая	1	P6	10						RR	9	Pa2	0,999000			10,000000	1,100000
24	10	1 - Рабочая	1	P7	11						RR	9	Pa2	0,999000	0,000000	0,000000	9,000000	0,800000
25	3	3 - Контроль функционирования	3	K3	12	9								0,997	0,991	5	1	
26	12	99-Финишер	99	Финиш														
27																		

Рис.9.П5. Структуры, выделенные для сворачивания на первом этапе

31	Номер n/h	Название ТФЕ	Код ТФЕ	Обозначение ТФЕ	Продолжение					Сворачивание			Вероятность выполнения рабочей операции без ошибки	Вероятность того, что фактически правильное выполнение будет признано правильным	Вероятность того, что фактически неправильное выполнение будет признано неправильным	Мат. ожидание времени выполнения операции	Дисперсия времени выполнения	
					При выполнении условия	При невь полнении по КФ	При невь полнении по КР	На продол жение цикла	Номер на выход из цикла	Количество повторений в цикле	Код ТФС для редукции	Номер 1-й ТФЕ для редукции						Обозначение ТФЕ на следующем этапе
32	N01	NameTFE	K04	ObTFE	N02	N03	N05	N06	N07	N08	K01	N04	TX05	B11	K111	K100	M(T)	D(T)
34	1	01-Стартер	01	Старт	2			0								0		0
35	2	1 - Рабочая	1	Pa1	3	0	0	0	0	0				0,997002	0	0	8,1	0,700000048
36	3	3 - Контроль функционирования	3	K1	5	4	0								0,99	0,975000024	4	0,899999988
37	4	1 - Рабочая	1	P3	2		0							0,997		0	8,5	0,899999988
38	5	1 - Рабочая	1	P4	6	0	0	0	0	0				0,995	0	0	1,7	0,100000001
39	6	1 - Рабочая	1	P5	7		0							0,989		0	2,3	0,200000003
40	7	3 - Контроль функционирования	3	K2	8	6	0								0,995	0,990000001	4,5	0,800000024
41	8	1 - Рабочая	1	Pa2	9		0							0,998001		0	19	1,900000095
42	9	3 - Контроль функционирования	3	K3	10	8	0								0,997	0,990999997	5	1
43	10	99-Финишер	99	Финиш			0									0		0
44																		

Рис.10.П5. Описание ФС после сворачивания выделенных фрагментов

[illegible]

Если пользователь выбирает автоматическое сворачивание сети, то в группе кнопок «Оценка АФ» нажать кнопку с надписью «Автоматическая редукция сети». В открывающихся диалоговых окнах задать номер строки начала описания ФС (рис.8.П5) и номер строки конца описания ФС или отказаться от сворачивания сети. В результате выполнения модуля каждое состояние функциональной сети (т.е. результаты каждого этапа сворачивания) заносится на продолжение электронной таблицы. Окончательный результат редукции в автоматическом режиме показан на рис.10.П5. Как при выборе поэтапного сворачивания, так и в автоматическом режиме формируется в табличном виде протокол редукции ФС. Результат заносится на рабочий лист «Протокол редукции» (рис.12.П5). В дальнейшем табличный протокол можно дополнить графическими схемами.

Программа оценки алгоритма функционирования ЧМС обеспечивает в графической форме изображение последовательности сворачивания функциональной сети, моделирующей алгоритм функционирования ЧМС. Возможно как поэтапное, так и обобщенное графическое изображение свертки ФС. Поэтапное изображение представляется последовательностью

экранных форм, содержащих рисунки сворачиваемых ТФС и эквивалентных ТФЕ, обозначения ТФЕ, входящих в структуру, кнопки навигации и другую

	A	B	C	D	E	F	G
1	ПРОТОКОЛ РЕДУКЦИИ						
	Номер шага редукции	Сворачиваемые ТФЕ	Эквивалентная ТФЕ	Вероятность выполнения эквивалентной операции без ошибки	Мат.ожидание времени выполнения эквивалентной операции	Дисперсия времени выполнения эквивалентной операции	Тип сворачиваемой ТФС
2							
3	1	P1,P2	Pз1	0,997002	8,1	0,700000048	RR
4	2	P6,P7	Pз2	0,998001	19	1,900000095	RR
5	3	Pз1,K1,P3	Pз3	0,999923089	12,3698554	7,002832908	RKR
6	4	P5,K2	Pз4	0,99988823	6,909410516	1,568834009	RK
7	5	Pз2,K3	Pз5	0,999981919	24,11999728	5,80883373	RK
8	6	Pз3,P4,Pз4,Pз5	Pз6	0,994794284	45,09926319	14,48050117	RR
9							
10							
11							
12							

Рис.12.П5. Табличная форма представления протокола редукции ФС

информацию. С помощью кнопок можно переходить от одной экранной формы к другой в пределах, выделенных на текущем этапе сворачивания, структур. В режиме обобщенного просмотра рисунки сворачиваемых структур и комментарии к ним помещаются на рабочий лист «Протокол редукции». Количество рисунков соответствует количеству записей в таблице протокола редукции. Прежде чем активизировать один из режимов просмотра, необходимо выполнить либо программный модуль автоматической редукции сети, либо программный модуль выделения ТФС для редукции.

Последовательность действий при просмотре графического протокола редукции ФС

1. Выполнить, при необходимости, по правилам, описанным в разделе 3.4 (с. 86), либо автоматическую редукцию сети, либо выделение ТФС для редукции.

2. Если пользователь выбирает поэтапный просмотр графического изображения свертки ФС, то необходимо на Главной форме системы (рис.2.П5) в группе кнопок «Результаты» нажать кнопку с надписью «Пошаговое графическое изображение». В открывающихся диалоговых окнах задать номер строки начала описания текущего состояния ФС (пример

1-го этапа, рис.8.П5) и номер строки конца описания текущего состояния ФС или отказаться от просмотра. В результате выполнения программного модуля открывается экранная форма с графическим изображением 1-го и последующих на данном этапе шагов редукции (рис.13.П5- пример 1-го этапа; рис.14.П5 - пример 2-го этапа).



Рис.13.П5. Сворачиваемые структуры на первом этапе редукции

3. Кнопки навигации на экранных формах позволяют переходить от одного графического изображения шага редукции к другому. Если во время просмотра открыта экранная форма с первой или последней сворачиваемой на данном этапе структурой, то кнопки с надписью «Предыдущий» или «Следующий», соответственно, недоступны для нажатия. Кнопка с надписью «Отмена» закрывает просмотр. Надписи и текстовые поля экранных форм отображают номер первого и последнего на данном этапе шага редукции, номер просматриваемого шага, название и обозначение ТФЕ, входящих в сворачиваемую структуру, обозначение эквивалентной ТФЕ.

4. Для обобщенного графического изображения протокола редукции необходимо на Главной форме системы (рис.2.П5) в группе кнопок «Результаты» нажать кнопку с надписью «Графическое изображение редукции». В результате выполнения выбранного программного модуля рисунки сворачиваемых структур и комментарии к ним помещаются на рабочий лист «Протокол редукции». На рис.15.П5 показаны в графическом виде последовательности сворачивания функциональной сети рассматриваемого примера.

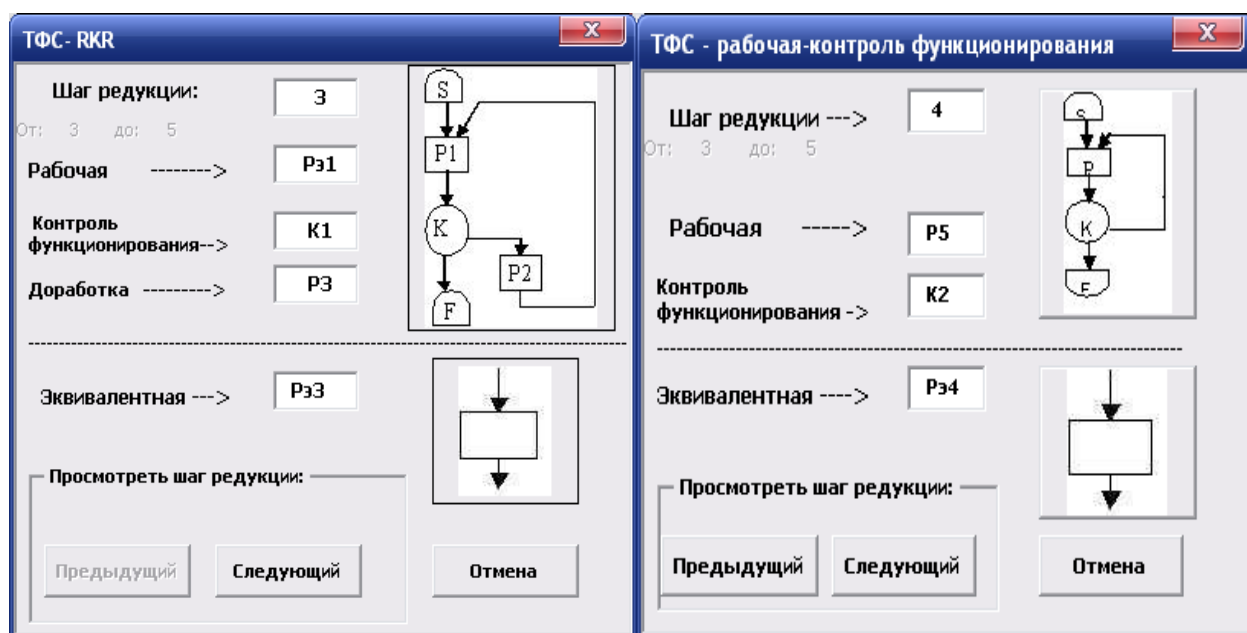


Рис.14.П5. Сворачиваемые структуры на втором этапе редукции

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ПРОТОКОЛ РЕДУКЦИИ							
	Номер шага редукции	Сворачиваемые ТФЕ	Эквивалентная ТФЕ	Вероятность выполнения эквивалентной операции без ошибки	Мат.ожидание времени выполнения операции эквивалентной операции	Дисперсия времени выполнения эквивалентной операции	Тип сворачиваемой ТФС	
2								
3	1	P1,P2	Pз1	0,997002	8,1	0,700000048	RR	
4	2	P6,P7	Pз2	0,998001	19	1,900000095	RR	
5	3	Pз1,K1,P3	Pз3	0,999923089	12,3698554	7,002832908	RKR	
6	4	P5,K2	Pз4	0,99988823	6,909410516	1,568834009	RK	
7	5	Pз2,K3	Pз5	0,999981919	24,11999728	5,80883373	RK	
8	6	Pз3,P4,Pз4,Pз5	Pз6	0,994794284	45,09926319	14,48050117	RR	
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21	Шаг редукции:	1 - RR: P1,P2=Pз1	2 - RR: P6,P7=Pз2	3 - RKR: Pз1,K1,P3=	4 - RK: P5,K2=Pз4	5 - RK: Pз2,K3=Pз5	6 - RR: Pз3,P4,Pз4,Pз5=Pз6	
22								

Рис. 15.П5. Протокол свертки ФС в графическом виде

3.6. Сохранение результатов оценки АФ

Программа оценки АФ позволяет сохранять результаты для дальнейшего моделирования человеко-машинного взаимодействия. Результаты помещаются на рабочий лист «Типовые технологии» и рабочий лист «Результаты для анализа». На лист «Типовые технологии» заносятся данные об идентификации оцениваемого алгоритма функционирования и показатели качества его выполнения. Кроме этого на листе формируется блок «Выбор технологии», являющийся списком для выбора существующей технологии при вводе описания обобщенной структуры АФ (раздел 3.3).

На лист «Результаты для анализа» выводятся показатели качества выполнения исследуемой операции алгоритма функционирования и соответствующие показатели качества алгоритма. Анализируя полученные результаты можно моделировать АФ в зависимости от показателей качества выполнения операций, его составляющих.

Последовательность действий при сохранении результатов оценки АФ

1. Для сохранения показателей качества выполнения алгоритма функционирования для дальнейшего использования необходимо на Главной форме системы (рис.2.П5) в группе кнопок «Результаты» нажать кнопку с надписью «Сохранить типовую технологию». В открывшемся окне диалога задать номер строки с результатами оценки алгоритма (рис.16.П5) или отказаться от вывода результатов.

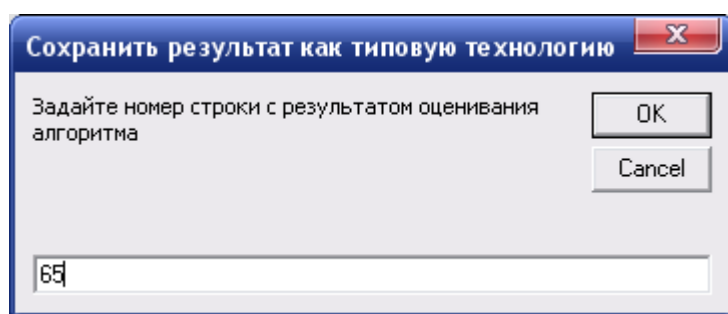


Рис.16.П5. Окно для ввода номера строки с результатом расчета

Если на листе «Типовые технологии» уже имеются результаты по исследуемому алгоритму функционирования, то пользователь получает об этом сообщение (рис.17.П5) и может либо заменить результаты, либо отказаться от вывода.

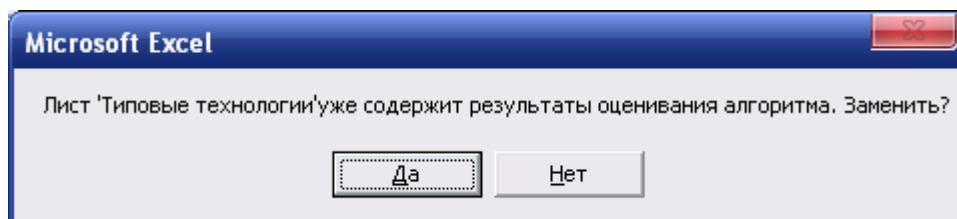


Рис.17.П5. Сообщение пользователю при выводе результатов оценки АФ

В результате нажатия пользователем кнопки с надписью «Да», на рабочий лист «Типовые технологии» выводится запись, дополняющая справочник типовых технологий (рис.18.П5). Записи блока «Выбор технологии» заполняются с использованием формулы «=СЦЕПИТЬ(А8;" ";В8;" ";С8)» («8» в данном случае – номер текущей строки).

2. Для сохранения результатов оценки АФ в зависимости от показателей качества выполнения конкретной операции алгоритма необходимо на Главной форме системы (рис.2.П5) в группе кнопок «Результаты» нажать кнопку с надписью «Сохранить результат для анализа». При выполнении данного программного модуля открывается окно диалога (рис. 19.П5), в котором пользователь указывает номер строки начала и номер строки конца описания обобщенной структуры алгоритма, номер исследуемой операции алгоритма, а также номер строки таблицы, содержа-

ИВ	=СЦЕПИТЬ(A8;" ";B8;" ";C8)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Название системы	Название подсистемы	Название процесса	Вероятность выполнения без ошибки		Мат.ожидание времени выполнения	Дисперсия времени выполнения		Выбор технологии
1				1-го типа	2-го типа				
2									
3	Система 1	Подсистема 11	Процесс 111	0,9998	0,9996	14,56	3,87		Система 1 Подсистема 11 Процесс 111
4	Система 2	Подсистема 22	Процесс 222	0,9992	0,99962	12,56	3,82		Система 2 Подсистема 22 Процесс 222
5	Система 3	Подсистема 33	Процесс 333	0,9993	0,99963	13,56	3,83		Система 3 Подсистема 33 Процесс 333
6	Система 4	Подсистема 44	Процесс 444	0,9994	0,99964	14,56	3,84		Система 4 Подсистема 44 Процесс 444
7	Система new	Подсистема new	Процесс 1	0,994794284		90,09926319	14,48050117		Система new Подсистема new Процесс 1
8	Система 1	Подсистема 11	Процесс 1	0,994794284		45,09926319	28,48050117		Система 1 Подсистема 11 Процесс 1
9									
10									

Рис.18.П5. Рабочий лист «Типовые технологии»

шей результаты расчета. Показатели качества выполнения заданной операции и показатели качества выполнения алгоритма функционирования отображаются на экранной форме программой. Для сохранения результатов на рабочий лист «Результаты для анализа» необходимо нажать на экранной форме кнопку с надписью «Сохранить результат». Вид этого рабочего листа электронной таблицы показан на рис.20.П5.

Анализ результатов оценки алгоритма функционирования

Сохранение результатов оценки ФС для анализа

Технология:

Начало описания ФС: Конец описания ФС:

Процесс:

Название системы:

Название подсистемы:

Операция:

Номер п/п в описании ФС: Название операции: Обозначение операции:

Показатели выполнения

Вероятность выполнения рабочей операции без ошибки (B1):

Вероятность того, что фактически правильное выполнение будет признано правильным (K11/П11):

Вероятность того, что фактически неправильное выполнение будет признано неправильным (K00/П00):

Математическое ожидание времени выполнения операции (M(T)):

Дисперсия времени выполнения (D(T)):

Результат:

Номер строки с результатами оценки алгоритма функционирования:

Вероятность безошибочного выполнения алгоритма:

Мат.ожидание времени выполнения алгоритма:

Дисперсия времени выполнения алгоритма:

Рис.19.П5. Диалоговое окно программного модуля сохранения результатов

3.7. Формирование справочной базы данных

К справочным данным программы оценки АФ, как отмечалось ранее, относится справочник ТФЕ, справочник ТФС, справочник типовых технологий и справочные данные о показателях качества выполнения операций операторами ЧМС. Каждый из этих справочников заносится на отдельный рабочий лист книги MS Excel. Справочники поставляются вместе с дистрибутивным файлом и могут быть дополнены во время эксплуатации

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Анализ результатов оценивания алгоритма функционирования								
2	в зависимости от показателей качества выполнения операций								
3									
4	Название системы	Система 1							
5	Название подсистемы	Подсистема 11							
6	Название процесса	Процесс 1							
7	Название операции	3 - Контроль функционирования							
8	Обозначение операции	K1							
9	Номер п/п в функциональной структуре	4							
10									
11	Показатели качества выполнения операции					Результат оценивания алгоритма			
12	Вероятность выполнения рабочей операции без ошибки	Вероятность того, что фактически правильное выполнение будет признано правильным	Вероятность того, что фактически неправильное выполнение будет признано неправильным	Мат.ожидание времени выполнения операции	Дисперсия времени выполнения	Вероятность безошибочного выполнения алгоритма	Мат.ожидание времени выполнения алгоритма	Дисперсия времени выполнения алгоритма	
13	B_i^t	K_i^{tt}	K_i^{00}	$M(T)$	$D(T)$	B^t	$M(T)$	$D(T)$	
14	0	0,99	0,975	4	0,7	0,994794284	45,09926319	14,4805	
15	0	0,95	0,98	4	0,7	0,994804487	45,98082762	32,78415	
16	0	0,98	0,985	4	0,7	0,994823961	45,31348423	18,92854	
17									
18									

Рис.20.П5. Оценка АФ в зависимости от показателей качества выполнения операции контроля

комплекса. Наиболее простым является справочник ТФЕ. Это именованный массив «Справочник_ТФЕ», созданный на диапазоне ячеек **A4:A22** рабочего листа «Справочник ТФЕ» (рис.21.П5). В справочнике указывается кодовое обозначение, принятое в комплексе, и название ТФЕ. Справочник служит списком для выбора ТФЕ при вводе описания обобщенной структуры АФ (раздел 3.1, с. 77). Справочник «Типовые технологии», включенный в состав программного комплекса, может дополняться записями в режиме работы со справочниками (кнопка с надписью «Типовые технологии» Главной экранной формы) и в режиме сохранения результатов оценки АФ (раздел.3.6, рис.18.П5).

Справочник ТФС помещается на рабочем листе «Справочник ТФС», может быть дополнен или изменен в режиме работы со справочниками. По каждой ТФС в справочнике содержится информация о содержании ТФС, условном обозначении, эквивалентной ТФЕ (рис.3.20). Кроме этого, используя кнопку с надписью «Схема ТФС», находящуюся на рабочем листе «Справочник ТФС», можно отобразить графическое изображение выбранной

структуры. Для этого необходимо перейти на лист «Справочник ТФС», уста-

E15			
	А	В	С
1	Типовые функциональные единицы		
2			
3	Код и название ТФЕ		
4	1 - Рабочая		
5	2 - Альтернативная		
6	3 - Контроль функционирования		
7	4 - Задержка		
8	5 - Контроль работоспособности		
9	6 - Рабочая операция с самоконтролем работоспособности		
10	7 - Рабочая операция с самоконтролем функционирования		
11	8 - Рабочая операция с самоконтролем работоспособности и функционирования		
12	9 - Стартер "И"		
13	10-Стартер "ИЛИ включить"		
14	11-Стартер "ИЛИ исключить"		
15	12-Финишер "И"		
16	13-Финишер "ИЛИ включить"		
17	14-Финишер "ИЛИ исключить"		
18	15-Циклоформирователь (количество входов ≥ 0)		
19	16-Циклоограничитель (количество входов ≥ 1)		
20	91-Стартер		
21	99-Финишер		
22			

Рис.21.П5. Справочник ТФЕ

новить курсор на строку, содержащую запись по структуре, и нажать кнопку с надписью «Схема ТФС».

Для заполнения справочника необходимо в группе кнопок «Справочники» Главной формы системы нажать кнопку с надписью «Справочник ТФС». В результате выполнения выбранного программного модуля открывается окно диалога, показанное на рис.23.П5. Для добавления новой записи в справочник необходимо нажать кнопку с надписью «Добавить», заполнить поля ввода и нажать кнопку с надписью «Сохранить». Кнопки навигации «Предыдущая» и «Следующая» позволяют просматривать справочник, переходя с записи на запись.

Справочные данные о показателях качества выполнения операций помещаются на рабочий лист «ИБ качества выполнения операций».

Структура таблицы, содержащей информацию о влиянии факторов на качество выполнения операций, показана на рис.24.П5. Таблица состоит из пяти условных блоков: название операции (1) и показатели качества ее

выполнения; название четырех влияющих факторов и значение их характеристик.

	A	B	C	D	E	F
1		Типовые функциональные структуры				
2						
3	Номер п/п	Содержание ТФС	Условное обозначение	Эквивалентная ТФЕ	Схема ТФС	
4	1	Последовательность выполнения рабочих операций	RR	Рабочая операция		
5	2	N-кратное повторение рабочей операции с приемкой по всем успешным исходам	CFN	Рабочая операция		
6	3	N-кратное повторение рабочей операции с приемкой при наличии хотя бы одного успешного исхода	CON	Рабочая операция		

Рис.22.П5. Справочник ТФС

Типовые функциональные структуры

Справочник типовых функциональных структур

Номер п/п

1

Содержание ТФС

Последовательность выполнения рабочих операций

Условное обозначение

RR

Эквивалентная ТФЕ

Рабочая операция

Предыдущая

Следующая

Добавить

Сохранить

Выход

Рис.23.П5. Окно для заполнения справочника ТФС

Кроме этого, на листе формируется блок «Выбор_операции», являющийся списком для выбора операции при вводе описания обобщенной структуры АФ (раздел 3.1). Этот блок отделяется от основной базы пустой колонкой. При заполнении информационной базы качества выполнения операций блок «Выбор_операции» формируется автоматически с помощью формулы «=СЦЕПИТЬ(B5&" - ";F5&" : ";G5&" ,";H5&" : ";I5&" , ";J5&" : ";K5&" , ";L5&" : ";M5&" ,";N5&" : ";O5&" ")».

Для заполнения справочника необходимо в группе кнопок «Справочники» Главной формы системы нажать кнопку с надписью

«Качество выполнения операций». В результате выполнения выбранного программного модуля открывается окно диалога, показанное на рис.22.П5. Для добавления новой записи в справочник необходимо нажать кнопку с надписью «Добавить», заполнить поля ввода и нажать кнопку с надписью «Сохранить». Кнопки навигации «Предыдущая» и «Следующая» позволяют просматривать справочник, переходя с записи на запись.

Информационная база влияния факторов на показатели качества выполнения операций												
Номер n/p	Наименование операции	Вероятность безошибочного выполнения	Математическое ожидание времени выполнения	Дисперсия времени выполнения	Фактор I		Фактор II		Фактор III		Фактор IV	
					Наименование	Характеристика	Наименование	Характеристика	Наименование	Характеристика	Наименование	Характеристика
5	Обнаружение зрительного сигнала	0,9993	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	<6	Количество в группе	1-2
6	Обнаружение зрительного сигнала	0,998	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	<6	Количество в группе	3-4
7	Обнаружение зрительного сигнала	0,9957	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	<6	Количество в группе	5-7
8	Обнаружение зрительного сигнала	0,9951	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	<6	Количество в группе	8-10
9	Обнаружение зрительного сигнала	0,9994	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	6-12	Количество в группе	1-2
10	Обнаружение зрительного сигнала	0,9981	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	6-12	Количество в группе	3-4
11	Обнаружение зрительного сигнала	0,9958	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	6-12	Количество в группе	5-7
12	Обнаружение зрительного сигнала	0,9952	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	6-12	Количество в группе	8-10
13	Обнаружение зрительного сигнала	0,9995	0,28		Сигнальные лампы	Световой сигнал	Тип индикации	Непрерывная	Диаметр лампы, мм	12-25	Количество ламп в группе	1-2

Рис.24.П5. Информационная база качества выполнения операций

4. Выбор оптимального варианта закрепления функций между операторами системы

Компьютерная технология моделирования человеко-машинного взаимодействия основана на комплексе моделей, в том числе:

- операторов, работающих в системе;
- информационно-программных технических средств, имеющих в распоряжении операторов;

- технологических процессов реализации заявок, поступающих в систему.

Рис.25.П5. Окно для заполнения справочника показателей качества выполнения операций

Реализация такой технологии позволяет получать ответы на ряд запросов, актуальных для оператора-руководителя в процессе принятия решений, а именно:

- оценочный;
- оптимизационный;
- информационный (в том числе отбор объектов, операторов, отвечающих некоторому условию или комплексу условий).

В зависимости от конкретных условий функционирования системы, требований к эффективности реализации функций, ограничений на условия деятельности операторов, решается множество оптимизационных задач выбора [6].

Целью принятия решений о закреплении функций в большинстве случаев является обеспечение максимального уровня эффективности системы при условии, что будут выполнены ограничения на выполнение

заявки (функции) за заданное время, расход стоимостного ресурса, а также различные технологические ограничения.

В качестве критерия рассматривается:

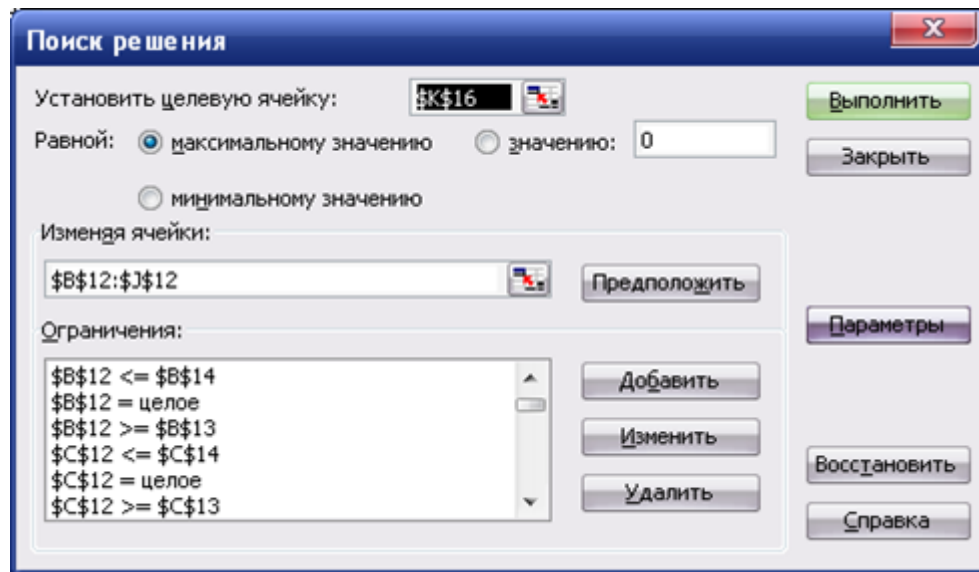
- максимум вероятности безошибочного выполнения заявки (для случая, когда рассматривается нарушение технологического процесса одного типа);
- минимум потерь от ошибок (когда целесообразно учитывать возникновение ошибок разных типов и известны экономические потери от нарушений, возникающих вследствие каждого вида нарушения).

Решение задачи выбора оптимального варианта закрепления функции за операторами системы в предлагаемой компьютерной технологии начинается нажатием кнопки «Выбор варианта закрепления функции» Главной экранной формы системы (рис.2.П5). В результате осуществляется переход на рабочий лист «Выбор варианта». В дальнейшем используется средство MS Excel «Поиск решения».

Процедура поиска решений позволяет определить оптимальное значение формулы, содержащейся в ячейке, которая называется целевой. Эта процедура работает с группой ячеек, связанных с формулой в целевой ячейке. Чтобы получить по формуле, которая содержится в целевой ячейке, некоторый результат, процедура изменяет значение в ячейках, влияющих на этот результат. Чтобы сузить множество значений, которые используются в модели, применяют ограничения.

Для решения задач оптимизации необходимо:

1. Записать в ячейки электронной таблицы математическую модель задачи;
2. Загрузить программное средство **Поиск решения** командой **Сервис-Поиск решения** и в соответствующем диалоговом окне (рис.26.П5) выполнить следующие действия:
 - **Установить целевую ячейку** – установить адрес ячейки, где содержится формула целевой функции, значение которой необходимо максимизировать, минимизировать или установить определенное число.
 - **Равной** – установить вариант оптимизации (максимизация, минимизация или подбор определенной величины).
 - **Изменяя ячейки** – указать адрес блока ячеек, значения которых изменяются во время поиска решения до тех пор, пока не будут выполнены наложенные ограничение и условие оптимизации значения ячейки, которая указана в поле **Установит целевую ячейку**.



- **Ограничения** – сформировать список ограничений, которые соответствуют решаемой задаче выбора.
- **Добавить** – нажать кнопку для отображения диалогового окна **Добавить ограничение**.
- **Изменить** – нажать кнопку для изменения ограничений.
- **Удалить** – нажать кнопку для исключения ограничений.
- **Выполнить** – нажать кнопку для решения поставленной задачи выбора варианта.
- **Заккрыть** – нажать кнопку для выхода из окна диалога без загрузки программы, при этом сохраняются настройка в окнах диалога.
- **Параметры** – нажать кнопку для отображения соответствующего диалогового окна, в котором можно загрузить или сохранить созданную математическую модель и указать варианты поиска решений.

Пример решения задачи выбора варианта закрепления поступающей функции между операторами системы показан на рис. 27.П5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	Задача оптимизации выбора операторов с ограничением на среднее время выполнения алгоритма деятельности													S P1 P2 P3 F
2	Алгоритм деятельности состоит из трех последовательно выполняемых рабочих операций.													
3	Операции могут выполнять три оператора													
4	Показатели качества выполнения операторами операций алгоритма заданы.													
5	Каждую операцию может выполнять любой оператор (т.е. операции - независимы)													
6	Решить задачу максимизации вероятности безошибочного функционирования при ограничении													
7	на среднее время выполнения													
8														
9														
10	Переменные													
11	Имя	X11	X12	X13	X21	X22	X23	X31	X32	X33				
12	Значение	1	0	0	0	1	0	1	0	0				
13	Нижнее ограничение	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
14	Верхнее ограничение	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
15	Целочисленное	Целое	Целое	Целое	Целое	Целое	Целое	Целое	Целое	Целое	ЦФ	Напр		
16	Коэффициенты целевой функции B_i	0,98	0,95	0,93	0,97	0,98	0,9	0,95	0,93	0,9	0,91238	Макс		
17	Ограничения													
18	Вид										Левая часть	Знак	Правая часть	
19	На переменные 1	1	1	1							1	=	1	
20	На переменные 2				1	1	1				1	=	1	
21	На переменные 3							1	1	1	1	=	1	
22	На среднее время выполнения										9,8	<=	10,8	
23	Мат.ожидание, T_{ij}	3,2	3,5	4	3,7	3,1	3	3,5	3,4	3,2				
24	Заданное директивное время, T_0 :	10,8												
25	Результат выбора:	Первую операцию выполняет 1-й оператор, вторую - 2-й оператор, третью - 1-й оператор.												
26		Вероятность безошибочного выполнения алгоритма: 0,91238												

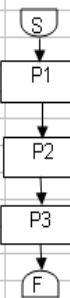


Рис.27.П5. Результат выбора варианта распределения функции между операторами системы, полученный с помощью средства «Поиск решения»

Выводы

Предложенная компьютерная технология позволяет:

- автоматизировать хранение, накопление и поиск информации, необходимой для оценки алгоритмов функционирования АФ;
- автоматически "сворачивать" структуры, повышая тем самым степень автоматизации расчетов;
- моделировать процессы возникновения, выявления, устранения и распространения ошибок разных типов;
- проводить оценку рабочего места оператора ЧМС;
- автоматизировать выбор оптимального варианта закрепления функции за операторами системы

Библиографический список

1. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем.- Л.: Наука, 1982.-270 с.
2. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашеро́в, Е.А. Лавров и др.; под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г.Евграфова.- М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
3. Лавров Е.А. Методы и средства эргономического проектирования автоматизированных технологических комплексов. - автореферат дис... д-ра техн. наук. – Сумы: Сумский ГУ,1996. – 32 с.
4. Ротштейн А.П., Кузнецов П.Д. Проектирования бездефектных человеко-машинных технологий. - Киев: Техника, 1992.-180 с.
5. Эргономика и безопасность труда / Л. П. Боброва-Голикова и др. - М.: Машиностроение, 1985. - 112 с.
6. Лавров Е.А., Пасько Н.Б. Подход к формированию банка оптимизационных моделей для распределения функций между операторами АСУ// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Математика и кибернетика – фундаментальные и прикладные аспекты. - Харьков, 2011 - 1/4 (49) - С. 46-50.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Общие требования к оформлению отчета.....	7
Пример составления алгоритма деятельности оператора и расчет количественных характеристик.....	7
Перечень практических заданий	14
Задание 1. Построение алгоритма деятельности оператора по информационной модели интерфейса «Нагрев горячей воды».....	14
Задание 2. Построение алгоритма деятельности оператора по информационной модели интерфейса «Химический реактор».....	15
Задание 3. Проверка работоспособности стенда «АСР температуры воздуха в подогревателе на базе малоканального контроллера «Ремиконт Р-130».....	17
Задание 4. Организация ввода данных в контроллер АСР температуры воздуха в подогревателе.....	22
Задание 5. Проверка работоспособности стенда «Автоматизация процесса приготовления горячей воды на базе имитационной модели» с использованием промышленного контроллера «Контар МС8» фирмы «МЗТА».....	27
Задание 6. Проверка работоспособности стенда «Пароперегреватель на базе промышленного регулятора «Минитерм- 400» (часть 1).....	31
Задание 7. Проверка работоспособности стенда «Пароперегреватель на базе промышленного регулятора «Минитерм-400» (часть 2).....	39
Задание 8. Проверка работоспособности стенда «Пароперегреватель на базе промышленного регулятора «Минитерм-400» (часть 3).....	41
Задание 9. Организация ввода данных в контроллер «Минитерм –400» АСР «Пароперегреватель».....	44
Задание 10. Проверка работоспособности стенда «АСР разрежения в топке котла» (часть 1)	50
Задание 11. Исследование АСР разрежения в топке котла (часть 2)	54
Библиографический список.....	58
Приложения.....	59
Приложение 1. Контрольный лист.....	59
Приложение 2. Основные типовые функциональные единицы ОСМ.....	60
Приложение 3. Основные формулы для расчета типовых функциональных единиц ОСМ.....	62

Приложение 4. Форма титульного листа отчета по выполнению практического задания.....	69
Приложение 5. Компьютерная технология моделирования дискретного человеко-машинного взаимодействия. Инструкция пользователя.....	70

Учебное издание

Владимир Иванович Рожков

**Эргономика в автоматизированных системах
управления технологическими процессами**

Учебно-практическое пособие

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я.Титова

Тем. план 2018 г., поз.110

Подп. к печати 21.01.2019

Формат 60x84/16

Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ.л. 7,0 Уч.-изд.л. 7,0.

Тираж 150 экз. Изд.№ 110. Цена «С». Заказ

**Ризограф Высшая школа энергетики и технологии Санкт-Петербургского
государственного университета промышленных технологий и дизайна, СПб.
198095, ул. Ивана Черных, д. 4**