

Санкт-Петербургское государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Академия управления городской средой, градостроительства и печати»



УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора  
по учебно-производственной работе  
О.В. Фомичева  
2023 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
по выполнению практических работ  
по МДК.03.02 Технологии автоматизации технологических процессов  
ПМ.03 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

для специальности

**09.02.06 Сетевое и системное администрирование**

Санкт-Петербург  
2023 г.

Методические рекомендации рассмотрены на заседании методического совета  
СПб ГБПОУ «АУТСГиП»  
Протокол № 2 от «29» 11 2023 г.

Методические рекомендации одобрены на заседании цикловой комиссии  
информационных технологий  
Протокол № 4 от «21» 11 2023 г.

Председатель цикловой комиссии: Караченцева М.С. 

Разработчики: преподаватели СПб ГБПОУ «АУТСГиП»

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	4
1 Перечень практических работ по МДК.03.04 «Основы криптографической защиты данных» .....	6
2 Описание порядка выполнения практических работ .....	7
2.1. Практическая работа №1 Определение свойств объектов управления на практике .....	7
2.2. Практическая работа № 2 Классификация технологических объектов управления на примере производственного предприятия .....	12
2.3. Практическая работа № 3 Анализ и сравнение систем управления технологическими объектами на примере различных отраслей промышленности .....	13
2.4. Практическая работа № 4 Изучение принципов работы АСУТП и САУ на примере реальных систем управления.....	13
2.5. Практическая работа № 5 Создание простой модели технологического процесса .....	13
2.6. Практическая работа № 6 Ознакомление с современными технологиями АСУТП на примере существующих проектов и исследований .....	23
2.7. Практическая работа № 7 Сравнительный анализ промышленных Ethernet-технологий: EtherNet/IP, PROFINET, Modbus TCP .....	23

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Рабочая тетрадь по выполнению практических работ предназначены для организации работы на практических занятиях по МДК.03.02 «Технологии автоматизации технологических процессов», которая является важной составной частью в системе подготовки специалистов среднего профессионального образования по специальности 09.02.06 «Сетевое и системное администрирование».

Практические занятия являются неотъемлемым этапом изучения учебной дисциплины и проводятся с целью:

- формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой учебной дисциплины;
- обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;
- готовности использовать теоретические знания на практике.

Практические занятия по МДК.03.02 «Технологии автоматизации технологических процессов» способствуют формированию в дальнейшем при изучении профессиональных модулей, следующих общих и профессиональных компетенций:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 4. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 5. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 6. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных российских духовно-нравственных ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 8. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 3.1 Осуществлять проектирование сетевой инфраструктуры

ПК 3.2 Обслуживать сетевые конфигурации программно-аппаратных средств

ПК 3.4. Осуществлять устранение нетипичных неисправностей в работе сетевой инфраструктуры

ПК 3.5. Модернизировать сетевые устройства информационно-коммуникационных систем

В рабочей тетради предлагаются к выполнению практические работы, предусмотренные учебной рабочей программой МДК.03.05 «Основы криптографической защиты данных».

При разработке содержания практических работ учитывался уровень сложности освоения студентами соответствующей темы, общих и профессиональных компетенций, на формирование которых направлена дисциплина.

Выполнение практических работ в рамках МДК.03.05 «Основы криптографической защиты данных» позволяет освоить комплекс работ по выполнению практических заданий по всем темам МДК.03.05 «Основы криптографической защиты данных».

Рабочая тетрадь по МДК.03.02 «Технологии автоматизации технологических процессов» имеют практическую направленность и значимость. Формируемые в процессе практических занятий умения могут быть использованы студентами в будущей профессиональной деятельности.

Рабочая тетрадь предназначена для студентов колледжа, изучающих МДК.03.05 «Основы криптографической защиты данных».

Оценки за выполнение практических работ выставляются по пятибалльной системе. Оценки за практические работы являются обязательными текущими оценками и выставляются в журнале теоретического обучения.

**1 Перечень практических работ по МДК.03.04 «Основы криптографической защиты данных»**

№ раздела, темы	Освоение умений в процессе занятия	Формируемые ОК и ПК	Тема практического занятия	Кол-во часов
Тема 2.1. Автоматизированные системы управления технологическими процессами	<ul style="list-style-type: none"> <li>– применять алгоритмы поиска кратчайшего пути.</li> <li>– планировать структуру сети с помощью графа с оптимальным расположением узлов.</li> <li>– выбирать сетевые топологии.</li> <li>– рассчитывать основные параметры локальной сети.</li> </ul>	ОК 1- 9 ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.4, ПК 3.5	Практическая работа № 1 Определение свойств объектов управления на практике	2
			Практическая работа № 2 Классификация технологических объектов управления на примере производственного предприятия	2
			Практическая работа № 3 Анализ и сравнение систем управления технологическими объектами на примере различных отраслей промышленности	2
			Практическая работа № 4 Изучение принципов работы АСУТП и САУ на примере реальных систем управления.	2
			Практическая работа № 5 Создание простой модели технологического процесса	2
			Практическая работа № 6 Ознакомление с современными технологиями АСУТП на примере существующих проектов и исследований	2
Тема 2.2. Промышленные сетевые технологии и протоколы в АСУ ТП	<ul style="list-style-type: none"> <li>– применять алгоритмы поиска кратчайшего пути.</li> <li>– планировать структуру сети с помощью графа с оптимальным расположением узлов.</li> <li>– выбирать сетевые топологии.</li> <li>– рассчитывать основные параметры локальной сети.</li> </ul>	ОК 1- 9 ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.4, ПК 3.5	Практическая работа № 7 Сравнительный анализ промышленных Ethernet-технологий: EtherNet/IP, PROFINET, Modbus TCP	2

## 2 Описание порядка выполнения практических работ

### 2.1. Практическая работа №1 Определение свойств объектов управления на практике

#### Задание:

- Определение свойства ОУ;
- Снятие переходной характеристики и определение параметров звена;
- Получение математической модели ОУ;

#### Экспериментальное определение переходной характеристики

Для определения переходной характеристики объект испытания сначала приводят в статический режим, т.е. стабилизируют исходный режим так, чтобы в тот момент времени, принимаемый за начало отсчёта, выполнялись условия:

$$y(0) = \text{const}; \frac{dy}{dt}(0) = 0; \frac{d^2y}{dt^2} = 0$$

Затем наносят ступенчатое входное воздействие, быстро изменив с помощью исполнительного устройства расход. Момент нанесения ступенчатого воздействия и его величину фиксируют. Регистрацию изменения концентрации продукта (выходной величины)  $y(\tau)$  на выходе реактора выполняют концентратометром (например, кондуктометром) таким образом, чтобы зафиксировать исходный режим, и до тех пор, пока концентрация продукта не примет новое установившееся значение (новый установившийся режим).

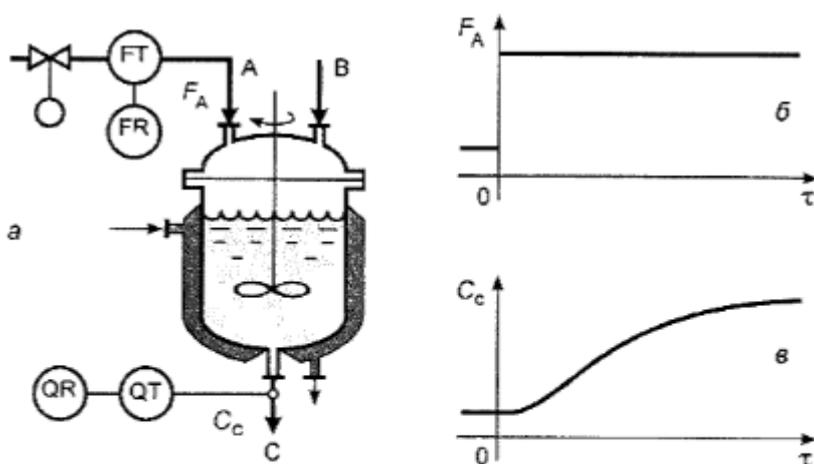


Рис. 4.30. Экспериментальное определение переходной характеристики реактора:

*a* — схема установки; *б* — ступенчатое изменение расхода компонента А (входное воздействие); *в* — изменение концентрации продукта С (переходная характеристика)

Объект управления (ОУ) — это элемент системы автоматического управления, для достижения результатов функционирования которого необходимы и допустимы специально организованные воздействия. На стенде по измерению и регулированию уровня, объектом управления является приёмный бак — резервуар со свободным истечением жидкости (рис. 28)

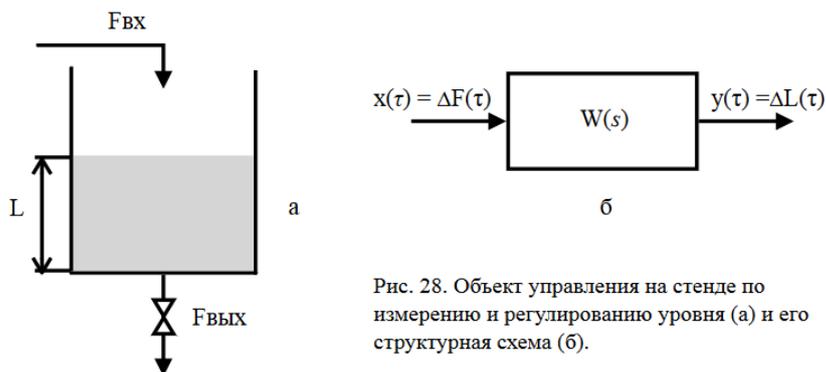


Рис. 28. Объект управления на стенде по измерению и регулированию уровня (а) и его структурная схема (б).

Для того чтобы правильно выбрать структуру системы регулирования, закон действия регулятора (достаточно ли использовать позиционное регулирование или необходимы регуляторы непрерывного действия, или один контур вовсе не обеспечит требуемое качество регулирования), а также чтобы подобрать параметры настройки регулятора, необходимо знать свойства ОУ. Выделяют три основных свойства ОУ: ёмкость, самовыравнивание и запаздывание.

**Ёмкость ОУ** — это способность ОУ накапливать или сохранять вещество или энергию. Мерой ёмкости служит величина ёмкости  $C$ , которая определяется отношением экстенсивного параметра (количество вещества или энергии) к интенсивной переменной. Для исследуемого объекта экстенсивной величиной является объём жидкости в резервуаре, а интенсивной — её уровень. Тогда запишем:

$$C = \frac{dV}{dL}$$

В свою очередь,

$$C = \frac{dV}{dL} = \frac{\Delta F d\tau}{dL} = \frac{\Delta F}{\frac{dL}{d\tau}}$$

Мы видим, что скорость изменения уровня обратно пропорциональна ёмкости. Чем больше ёмкость, тем меньше скорость изменения уровня. Следовательно, можно сказать, что ёмкость характеризует инерционность ОУ. Для объекта управления, у которого **площадь поперечного сечения** ( $A$ ) не изменяется по высоте, будет справедли-

во: 
$$C = \frac{dV}{dL} = \frac{AdL}{dL} = A$$

**Самовыравнивание** — это способность ОУ восстанавливать состояние равновесия после нанесения на ОУ ступенчатого воздействия (ограниченного по величине воздействия). Самовыравнивание объектов характеризуется степенью самовыравнивания  $\rho$ , которая определяется отношением изменения входного воздействия к изменению выходной величины при времени, стремящемся к бесконечности (что является отношением единицы к коэффициенту усиления объекта):

$$\rho = \frac{\Delta x(\infty)}{\Delta y(\infty)} = \frac{1}{K_o}$$

Чем больше степень самовыравнивания, тем меньше отклонение выходной величины при нанесении воздействия.

Для определения степени самовыравнивания необходимо нанести ступенчатое воздействие и определить, на сколько изменилась выходная величина.

Рассмотрим путь сигнала: частота ПЧ — показания уровня на ПК (рис. 29):

Возмущающее воздействие можно нанести путём изменения расхода поступающей жидкости в резервуар  $F_{вх}$ , изменив частоту ПЧ. Но тогда мы снимем переходную характеристику не самого ОУ, а ОУ вместе с ПЧ и насосом (обозначено на схеме I). Если следить за изменением уровня в программе TRACE MODE ПДУ-СК, то мы также учитываем влияние II части.

Вторую часть мы можем устранить, следя за уровнем жидкости самостоятельно, используя шкалу на резервуаре, но погрешность измерения в этом случае будет больше, чем погрешность измерительного устройства. Поэтому в этом случае будет лучше использовать показания самого точного уровнемера и следить за ним в программе ПДУ-СК (статические характеристики).

Влияние первой части можно устранить, найдя зависимость между частотой ПЧ и  $F_{вх}$ . Для этого можно провести следующий эксперимент — закрыть шаровой кран и посмотреть, как будет меняться уровень жидкости в резервуаре при исследуемой частоте. Зависимость получится линейная, так как в этом случае взаимосвязь между уровнем и расходом на входе в резервуар будет описываться следующим уравнением:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{AdL}{d\tau} = F$$

Следовательно, определив тангенс угла наклона прямой изменения уровня во времени и измерив площадь поперечного сечения резервуара, можно определить  $F_{вх}$ .

Таким образом, определив  $F_{вх}$  при частотах, соответствующим моментам до нанесения воздействия и после, и измерив при этом начальный уровень и конечный, мы можем определить степени самовыравнивания по формуле:

$$\rho = \frac{\Delta F(\infty)}{\Delta L(\infty)}$$

Следует учитывать, что если воздействие нанесено сильное (велика разность частот), то может не хватить высоты резервуара для оценки степени самовыравнивания (отсюда и воздействие должно быть ограничено). Рекомендуется экспериментально подобрать рабочие частоты для наглядного определения свойства самовыравнивания ОУ.

**Запаздывание** — это время с момента нанесения воздействия на ОУ и началом изменения выходной величины. То есть на данном стенде, это время с момента измене-

ния  $F_{вх}$  до момента, когда уровень в резервуаре начнёт изменяться. Как только произойдёт изменение расхода жидкости, подаваемой в ОУ, тут же начнёт изменяться её уровень, следовательно, запаздыванием данный объект управления не обладает. Но возможно определить запаздывание ОУ в совокупности с I и II частями, измерив время с момент изменения частоты на ПЧ до момента изменения уровня в программе ПДУ-СК.

Расчетная часть:

1. Определение ёмкости объекта управления:

$$C = \frac{dv}{dL} = \frac{A dL}{dL} = A = 19 \times 20 = 380 \text{ см}^2$$

2. Определение запаздывания разомкнутой САУ:

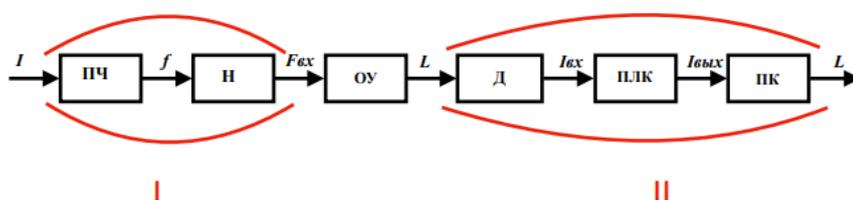
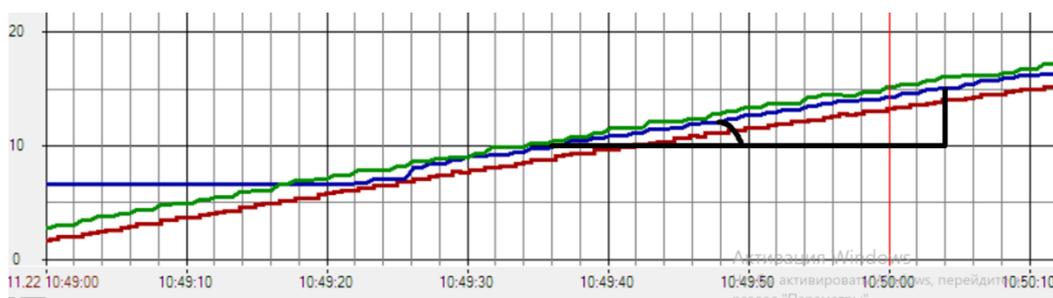


Рис. 29. Разомкнутая САУ по каналу: частота ПЧ — показания уровня на ПК:  
 ПЧ — преобразователь частоты, ОУ — объект управления, ПЛК — программируемый логический контроллер, ПК — персональный компьютер, Н — насос, Д — датчик,  $f$  — частота,  $U$  — напряжение на выходе у ПЧ,  $I_{вх}$  — ток на входе в ПЛК и на выходе у датчика (унифицированный сигнал которого токовый),  $I_{вых}$  — ток на выходе из ПЛК.

3. Определение степени самовыравнивания ОУ:

Определим тангенс угла наклона прямой изменения уровня во времени при частоте 19,8 Гц:



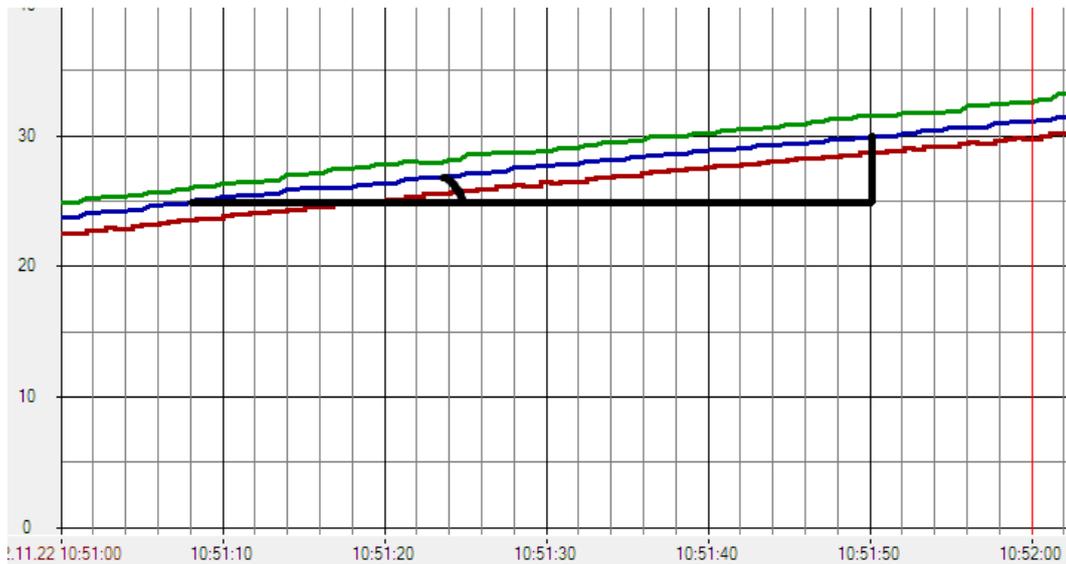
$$\tan \alpha = \frac{\Delta L}{\tau}$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta L}{\tau} = \frac{15 - 10}{28} = \frac{5}{28} = 0,179 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$F_1 = A * \tan \alpha = 380 * 0,179 = 68,02 \frac{\text{см}^3}{\text{с}}$$

Стационарный режим установился на уровне  $L_1 = 190$  см

Определим тангенс угла наклона прямой изменения уровня во времени при частоте 20,8 Гц:



$$\tan \alpha = \frac{\Delta L}{\tau} = \frac{30 - 25}{42} = \frac{5}{42} = 0,12 \frac{\text{CM}}{\text{c}}$$

$$F_2 = A * \tan \alpha = 380 * 0,12 = 45,6 \frac{\text{CM}^3}{\text{c}}$$

Стационарный режим установился на уровне  $L_2 = 235$  см

Степень самовыравнивания объекта управления:

$$\rho = \frac{\Delta F}{\Delta L} = \frac{22,96}{45} = 0,5605 \frac{\text{CM}^2}{\text{c}}$$

4. Опреде- ление параметров звена:

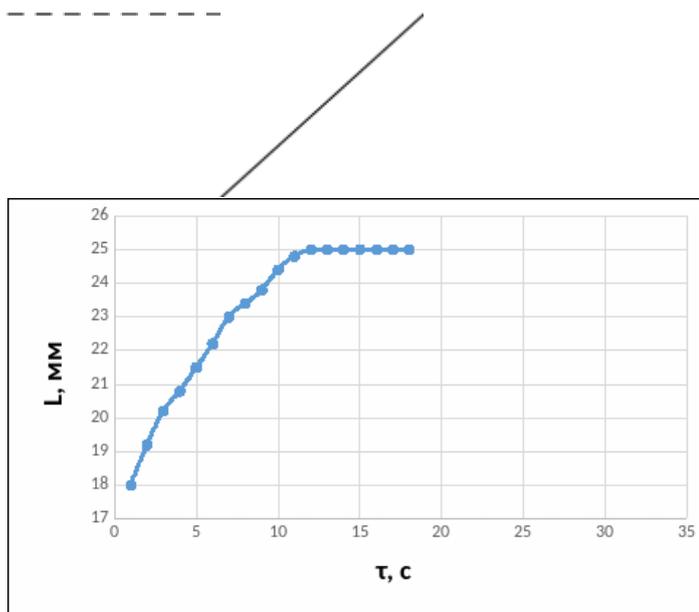


График соответствует графику устойчивого объекта 1 порядка.

(лучше график делать идеальным, как в учебнике, исключая неподходящие точки, т.к. в нашем случае неточны по итогу были подсчёты)

В соответствии с полученной передаточной функцией, запишем уравнение динамики устойчивого объекта первого порядка:

$$T_o \frac{dy(\tau)}{d\tau} + y(\tau) = K_o x(\tau)$$

Переходная характеристика устойчивого объекта первого порядка получена из передаточной функции:

$$h(\tau) = K_o \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T_o}}\right)$$

Определим по графику переходной характеристики параметры звена:

$$K_o = \frac{\Delta L}{\Delta F} = \frac{45}{22,96} = 1,9599$$

$$T_o = 81 \text{ с}$$

Дифференциальное уравнение:

$$81 \frac{\partial y}{\partial \tau} + y = 1,9599 x$$

**Вывод:** в ходе лабораторной работы мы ознакомились с методикой снятия переходных характеристик объекта управления и с методикой определения параметров звена. Также были определены свойства ОУ:

- Ёмкость ОУ  $C = 380 \text{ см}^3$
- Степень самовыравнивания  $\rho = 0,5605 \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$
- Запаздыванием данный объект не обладает;

Получили математическую модель ОУ:

## ***2.2. Практическая работа № 2 Классификация технологических объектов управления на примере производственного предприятия***

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с материалом о технологических объектах управления в сети Интернет.
2. Приведите примеры объектов управления на примере производственного предприятия легкой промышленности по характеру протекания технологических процессов.
3. Приведите примеры объектов управления на примере производственного предприятия нефтегазовой промышленности по характеру установившегося

значения выходной величины объекта при действии на его вход ступенчатого сигнала

4. Приведите примеры объектов управления на примере производственного предприятия судостроения по виду статических характеристик.

Оформите в виде отчета.

### ***2.3. Практическая работа № 3 Анализ и сравнение систем управления технологическими объектами на примере различных отраслей промышленности***

#### **Задание:**

1. Ознакомьтесь с материалом о системах управления технологическими объектами объектов управления.
2. Приведите пример АСУТП в газовой промышленности.
3. Приведите пример АСУТП в Электроэнергетике.
4. Приведите примеры АСУТП в химической промышленности.
5. Приведите примеры АСУТП в металлургии.
6. Сравните системы между собой.

Оформите в виде отчета.

### ***2.4. Практическая работа № 4 Изучение принципов работы АСУТП и САУ на примере реальных систем управления***

#### **Задание:**

1. Ознакомьтесь с материалом о системе диспетчеризации производства Атырауского НПЗ  
<https://iiot.kz/projects/asu-tp-paz-i-rsu>
2. Нарисуйте структурную схему АСУ ТП.
3. Опишите подсистемы АСУ ТП.
4. Опишите принцип работы АСУ ТП.

### ***2.5. Практическая работа № 5 Создание простой модели технологического процесса***

#### **Задание:**

Имитационная модель участка (цеха) позволяет формировать и анализировать производственную структуру участка производства, прогонять различные варианты организационных и управленческих решений, формировать и анализировать сменно-суточные задания в интересах ПДБ цеха для решения комплекса задач оперативного управления производством. Модель имитирует некоторую производственную структуру и предназначена для обработки на ней сменно-суточного задания с последующим получением графика движения деталей по рабочим местам и графика календарной загрузки рабочих мест.

Общие положения. Одной из функциональных задач оперативного планирования является разработка заданий на короткие, определяемые минимальным интервалом планирования, отрезки времени. Решение этой задачи сводится к разработке и выдаче исполнителям пятидневных и сменно-суточных заданий.

Сменно-суточное задание - заключительный этап конкретизации

производственной программы в процессе ее доведения до рабочего места.

При его составлении должны учитываться следующие правила:

1) В него включаются лишь те операции, для которых исполнительные устройства полностью укомплектованы всем необходимым: материалами, инструментом, оснасткой, технической документацией и т.п.;

2) Объем планируемых работ устанавливается с учетом максимально достигнутого уровня выработки на данном рабочем месте;

3) При досрочном выполнении работ в течение смены дополнительное задание выдается из состава только первоочередных работ данной пятидневки.

Целью проведения исследований на модели является формирование сменно-суточного задания в объемно-номенклатурном виде.

После того, как сформировано сменно-суточное задание с учетом всех требований, предъявляемых на данном производстве, необходимо при помощи имитационного эксперимента посмотреть и проанализировать работу подразделения с данным заданием. Целью этого эксперимента должна являться проверка - уточнение сменно-суточного задания по каждому рабочему месту, разработанного задачей планирования, с указанием конкретных сроков календарной занятости и перерывов в работе оборудования. Наиболее полный и точный ответ на поставленные вопросы может дать имитационная модель.

Имея сменно-суточное задание в объемно-номенклатурном виде, решаем вопрос о порядке запуска деталей в производство.

На основании выходных данных модели решаются принципиальные вопросы, связанные с "узкими" и "широкими" местами производства, т.е. модель позволяет наблюдать оператору динамическое поведение подразделения по реализации сменно-суточного задания. Это дает дополнительную информацию управляющему звену по оперативному регулированию процесса производства. Вместе с тем, наличие плана-прогноза, в качестве которого выступает оптимизированный план-график работы участка, позволяет уменьшить потребные оперативные резервы за счет появляющейся у мастера возможности заблаговременно принять решения по "расшивке" выявляемых графиком "напряженных мест".

*Постановка задачи.* Задан поддетально-специализированный участок производства, находящийся в стационарном (установившемся) режиме работы, который характеризуется следующим набором параметров:

$Z=[Z(I)]$ ,  $I=1, I$  - множество типов деталей, обрабатываемых на участке;

$G=[G(M)]$ ,  $M=1, M$  - множество групп оборудования, участвующих в процессе производства; (классификация производится по технологическому принципу, поэтому каждую группу оборудования должны составлять взаимозаменяемые станки);

$S=[S(M)]$ ,  $M=1, M$  - количество взаимозаменяемых станков в группе оборудования;

$D=[D(M)]$ ,  $D(M)=1$  - количество деталей, одновременно обрабатываемых на станке;

$Q(I)=[Q(I,1), Q(I,2), \dots, Q(I, J(I))]$  - технологический маршрут, где  $J$  - номер операции,  $J(I)$  - количество операций над деталью типа  $I$ ;  $Q=||Q(I, J)||$ ,  $I=1, I$ ,  $J=1, \max(J(I))$  - матрица технологий; матрица нормированных времен обработки на операциях.

Вся совокупность перечисленных данных готовится в ПДБ цеха и вводится в модель в процессе ее решения в диалоговом режиме. В условиях АСУ предприятия значительно сокращается трудоемкость ввода исходных данных, т.к. предполагается, что действующая система автоматически накапливает эти данные, обновляет их и корректирует. Поэтому в процессе имитации программа считывает необходимые данные с заранее известных областей памяти центральной ЭВМ предприятия. При такой ориентации моделирования трудоемкость и время решения значительно снижается.

Моделирование завершается выбором оптимального плана на основании выбранного критерия оптимизации. Из графика обработки деталей получают график загрузки рабочих мест, что и будет исходным календарным планом-графиком (расписанием).

Блок-схема алгоритма модели подразделения. Формализованная внутренняя структура модели описана с помощью логико-математических средств. Посредством логических связей задаются не только взаимоотношения отдельных видов оборудования, но и тактика взаимодействия партии деталей с обрабатывающими станками. Так, в случае полной занятости оборудования вновь пришедшая партия становится в очередь.

Если очередь к данному виду оборудования уже есть, то прибывшей партии назначается номер согласно ее приоритету по принципу "последняя в своем классе приоритетов". В модели организованы "быстрые" очереди, т.е. к каждому виду оборудования конструируется по одной очереди. Вся априорная информация для функционирования модели вводится в диалоговом режиме с видеотерминала ЭВМ. Что создает определенные удобства оператору в процессе ввода, обеспечивает наглядность.

Укрупненная блок-схема алгоритма модели подразделения (цеха, участка) состоит из 16 блоков: 12 выполняемых и 4 условных.

Блок 1. Совокупность операторов, выполняющих в диалоговом режиме ввод исходных данных:

1. Относящихся к описываемой системе:

- Количество видов оборудования в системе;
- Количество взаимозаменяемых станков по каждому виду оборудования.

2. Относящихся к оперативному плановому заданию:

- Количество видов деталей, требующих обработки;

- Количество технологических операций по каждому виду деталей.
- Технологический маршрут по каждому виду детали.
- Технологическое время обработки по каждой операции и по каждой детали.
- Количество деталей в партиях.
- Приоритет деталей.
- Матрица заданий:
  - а) Типы деталей в партиях.
  - б) Количество партий соответствующих типов деталей.
- Информация по видам и трудоемкости операций контроля.

Блок 2. Выполняет первоначальную загрузку модели данными о состоянии незавершенного производства. Происходит настройка модели на момент модельного времени  $T=0$ .

### 1. Количество партий в заделе.

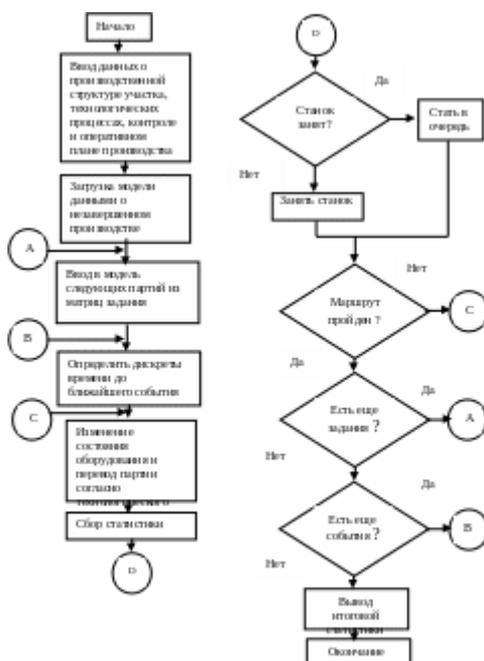


Рис. 28. Укрупненная блок-схема алгоритма имитации

2. Информация, относящаяся к партиям в заделе. По каждой партии вводится следующая информация:

- Оставшаяся длина маршрута в операциях;
- Количество деталей в партии;

- Номер занимаемого оборудования;
- Номер очереди;
- Тип деталей в партии;
- Номер занимаемого станка;
- Время, оставшееся до завершения технологической операции.

Блок 3. В этом блоке определены условия ввода в модель новой партии деталей из матрицы задания. Если эти условия, а именно, наличие свободного станка в первом по технологическому маршруту виде оборудования для вводимой партии не выполняются, то в соответствующую ячейку матрицы добавляется -1.

Определяется номер занимаемого станка и выполняется запись в матрицу текущих событий введенной партии. В матрице состояния оборудования в соответствующую ячейку записывается номер партии, занявшей станок.

Блок 4. Блок анализирует все события, которые могут поступить в будущем и выбирает самые ближайшие. При этом выполняет расчет разницы времени между временем поступления этого события и текущим временем.

Блок 5. Осуществляет просмотр всего наличного парка оборудования. Если к текущему модельному времени операция на рассматриваемом станке заканчивается, происходит освобождение станка и пересчет совокупной занятости станка. В случае, если окончание операции наступит в будущем, происходит только коррекция совокупной занятости (наработка). Для только что освободившегося станка просматривается очередь к соответствующей группе оборудования с целью вывода партии с очереди на обработку.

Блок 6. В модели в процессе имитации накапливается статистическая информация следующего характера:

- Время работы по каждому станку;
- Объемы выпуска деталей;
- Совокупная длительность цикла;
- План проведения операций контроля.

Наряду с интегральной информацией ЛПР имеет возможность наблюдать некоторую текущую информацию, отражающую динамическое поведение моделируемой системы. Это данные по текущей загрузке оборудования и очередям; данные трассировки партий (выводятся по мере завершения технологического процесса обработки и выхода партии за пределы моделируемой системы).

Блок 7. Анализируется состояние станка, по результатам которого осуществляются операции по переводу обрабатываемой партии с операции на операцию согласно ее технологического маршрута. Определяется вид следующего оборудования, ведется поиск свободного станка.

Блок 8. При выяснении наличия на станке партии деталей, рассматриваемая партия направляется в очередь, причем она занимает номер в очереди, соответствующий ее приоритету, т.е. становится последней в классе своего приоритета. При необходимости осуществляется пересчет позиций очередности остальных партий к этому станку.

Блок 9. При выяснении в Блоке 7 свободного состояния станка, в матрицу текущих событий в соответствующую ячейку по данной партии записывается время, требующееся для обработки партии.

Блок 10. В блоке работает счетчик просмотра оборудования, необходимый для проверки всего наличного состава парка оборудования и проведение операций, осуществляемых блоками 5 - 9.

Блок 11. Проверяется матрица заданий. В случае наличия в этой матрице необработанных партий осуществляется попытка ввода очередной партии в модель посредством вызова Блока 3.

Осуществляет сообщение оператору об окончании ввода в программный модуль всего запланированного задания. При желании оператор может прекратить моделирование.

Блок 12. Контролирует наличие движения партий в моделируемой системе. При отсутствии последних моделирование завершается и происходит распечатка выходной информации.

Блок 13. Печать итоговой статистики:

- Текущее модельное время;
- Данные о состоянии станков;
- Очереди к оборудованию;
- Данные о наработанном времени и загрузке оборудования;
- Данные о времени запуска партий и их закреплении за оборудованием;
- Выпуск деталей по типам и по дискретам времени;
- Матрица состояния незавершенного производства.

Как видно из блок-схемы алгоритма моделирование осуществляется по дискретному принципу, т.е. от события к событию. При этом предполагается, что в промежутке между ближайшими событиями система сохраняет стационарное состояние.

Рассмотренная модель имеет широкие возможности в деле совершенствования средств и методов оперативного управления. Модель рассмотрена с точки зрения доведения сменно-суточного задания до конкретных рабочих мест, но вместе с тем, в случае задания конкретных сроков выпуска деталей, модель может быть использована для определения условия запуска способом обратного пересчета или, точнее, "обратного" моделирования.

Порядок ввода данных в модель

Модель 3-х ступенчатого контроля - Enter

Количество групп оборудования - 6

Количество станков в 1) токарной группе оборудования - 3

2) сверлильной - 2

3) фрезерной - 4

4) термической - 1

5) шлифовальной - 3

6) транспортной - 1

Количество видов деталей, требующих обработки - 3

Количество технологических операций

детали типа 1) - 9 (5 технол. и 4 трансп.)

2) - 7 (4 технол. и 3 трансп.)

3) - 5 (3 технол. и 2 трансп.)

Технологический маршрут (с учетом транспортировки)

по группам оборудования

1)-й детали 1 - 6 - 2 - 6 - 3 - 6 - 4 - 6 - 5

2) 1 - 6 - 3 - 6 - 4 - 6 - 5

3) 3 - 6 - 1 - 6 - 5

Технологическое время на операции

1)-й детали 10 - 6 - 15 - 6 - 10 - 6 - 5 - 6 - 10

2) 5 - 8 - 20 - 6 - 5 - 6 - 15

3) 15 - 8 - 25 - 12 - 20

Приоритет обработки деталей 1)-й детали - 1

2) - 1

3) - 1

Максимальное число партий, которые одновременно могут находиться на участке (в заделе и в плане) - 3



	M	N	O	P	Q	R
1	МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЧАТО					
2	0					
3	МОДЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ 0					
4	РАСПЕЧАТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ					
5	МОДЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ РАВНО 0					
6	ИНФОРМАЦИЯ ПО ОБОРУДОВАНИЮ					
7	СОСТОЯНИЕ СТАНКОВ НАРАБОТКА СТАНКОВ					
8	Н-Р СТАНКА ПАРТИЯ ВРЕМЯ ЗАГРУЗКА					
9	1,1	12	0		0	
10	1,2	13	0		0	
11	1,3	21	0		0	
12	СОСТОЯНИЕ ОЧЕРЕДИ 0					
13	2,1	11	0		0	
14	2,2		0		0	
15	2,3		0		0	
16	СОСТОЯНИЕ ОЧЕРЕДИ 0					
17	3,1		0		0	
18	СОСТОЯНИЕ ОЧЕРЕДИ 0					
19	4,1		0		0	
20	СОСТОЯНИЕ ОЧЕРЕДИ 0					
21	5,1		0		0	
22	СОСТОЯНИЕ ОЧЕРЕДИ 0					
23	6,1		0		0	
24	СОСТОЯНИЕ ОЧЕРЕДИ 0					
25	ГДЕ - 0 -СТАНОК СВОБОДЕН ИЛИ ОЧЕРЕДЬ СВОБОДНА					

Рис. 30. Фрагмент результатов по загрузке оборудования

DN

КОЛИЧЕСТВО ПАРТИЙ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ ПО ГРУППАМ ОБОР . ?  
 <ДА-Enter \* НЕТ-N Enter>

1 ГР.ОБОРУДОВАНИЯ 0  
 2 ГР.ОБОРУДОВАНИЯ 0  
 3 ГР.ОБОРУДОВАНИЯ 0  
 4 ГР.ОБОРУДОВАНИЯ 0  
 5 ГР.ОБОРУДОВАНИЯ 0  
 6 ГР.ОБОРУДОВАНИЯ 0

ВЫПУСК ДЕТАЛЕЙ В ШТ <ДА-Enter \* НЕТ-N Enter>  
 1 - ГО ВИДА 0  
 2 - ГО ВИДА 0  
 3 - ГО ВИДА 0

ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ <ДА-Enter \* НЕТ-N Enter>

КОД ПАРТИИ	НОМЕР СТАНКА, ЗАНИМ-ОГО ПАРТИЕЙ	НОМЕР ОЧЕРЕДИ	ВРЕМЯ ДО КОНЦА ОБРАБОТКИ НА ЭТОЙ ОПЕРАЦИИ	КОЛ-ВО НЕЗАВЕРШ. ОПЕРАЦИИ СОГЛАСНО МАРШРУТА
11	1.1	0	6000	9
22	1.2	0	4000	7
33	3.1	0	15000	5

Рис. 1. Фрагмент результатов по движению партий изделий

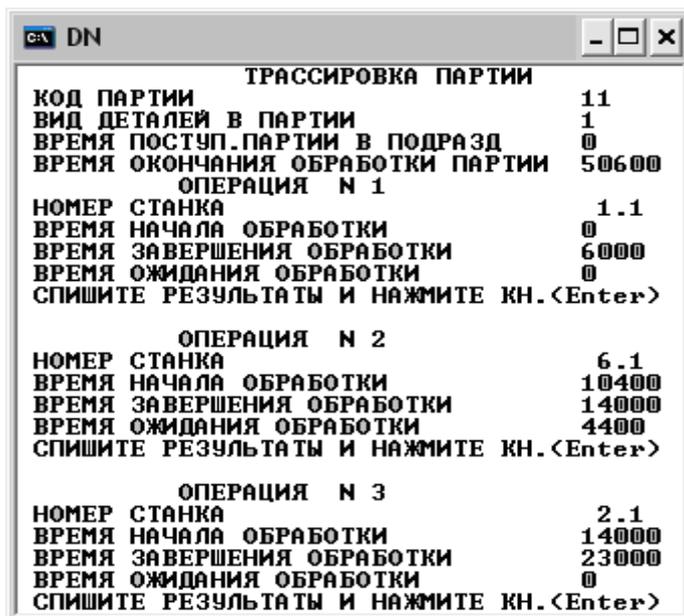


Рис. 2. Фрагмент трассировки партии по операциям

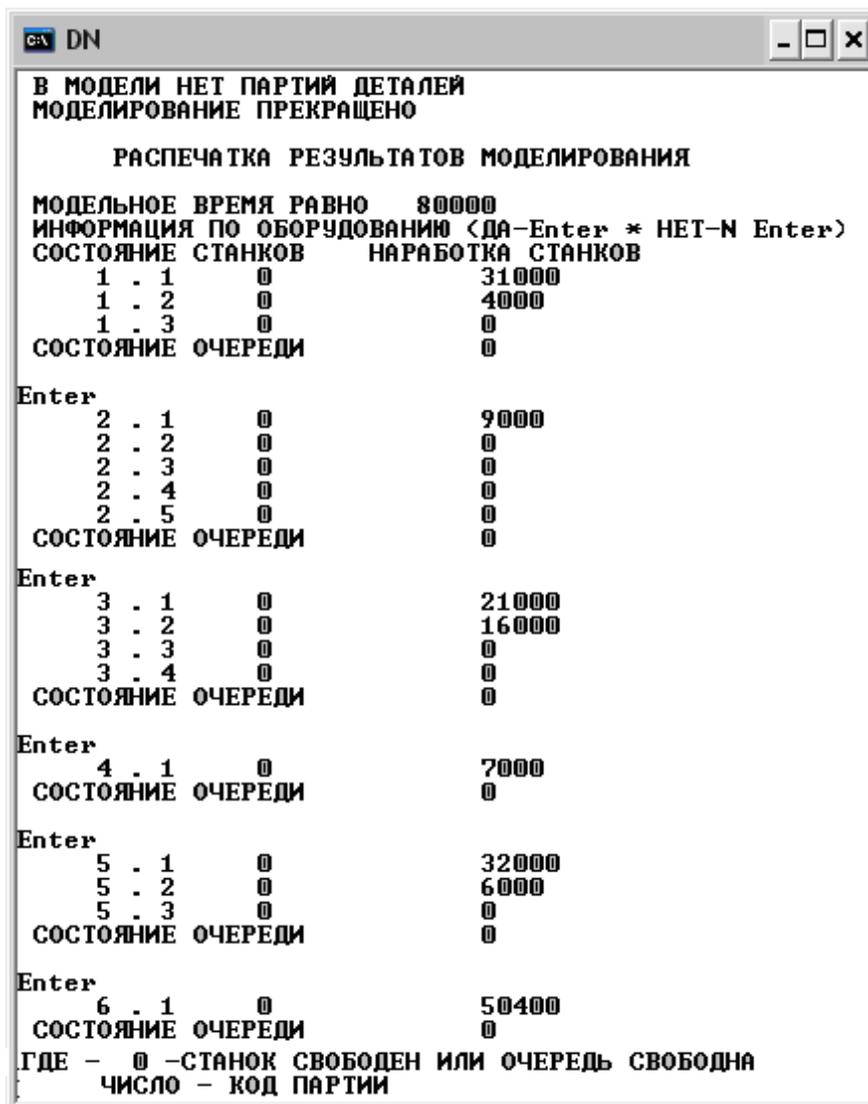


Рис. 3. Результаты моделирования

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Проанализировать выходные данные о загрузке оборудования, очередях на обработку, длительности производственного цикла.
5. Сделать выводы о возможности сокращения длительности производственного цикла, увеличения загрузки оборудования и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Исходные положения
2. Исходные данные
3. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
4. Результаты решения
5. Анализ результатов и выводы.

#### ***2.6. Практическая работа № 6 Ознакомление с современными технологиями АСУТП на примере существующих проектов и исследований***

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с материалом о АСУТП в сети Интернет.
2. Дайте ответы на вопросы:  
Из скольких уровней состоит АСУ ТП;  
Из чего состоит АСУ ТП;  
Функции АСУ ТП;  
Отрасли применения АСУ ТП;  
Проблемы безопасности АСУ ТП.
3. Постройте модель (пример) любой АСУ ТП

#### ***2.7. Практическая работа № 7 Сравнительный анализ промышленных Ethernet-технологий: EtherNet/IP, PROFINET, Modbus TCP***

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с материалом о промышленных Ethernet-технологиях в сети Интернет.

2. Постройте сравнительную таблицу с указанием уровня передачи данных, производительность, количества узлов, фазы передачи, горячей замене, физического уровня.
3. Дайте описание каждой технологии.