

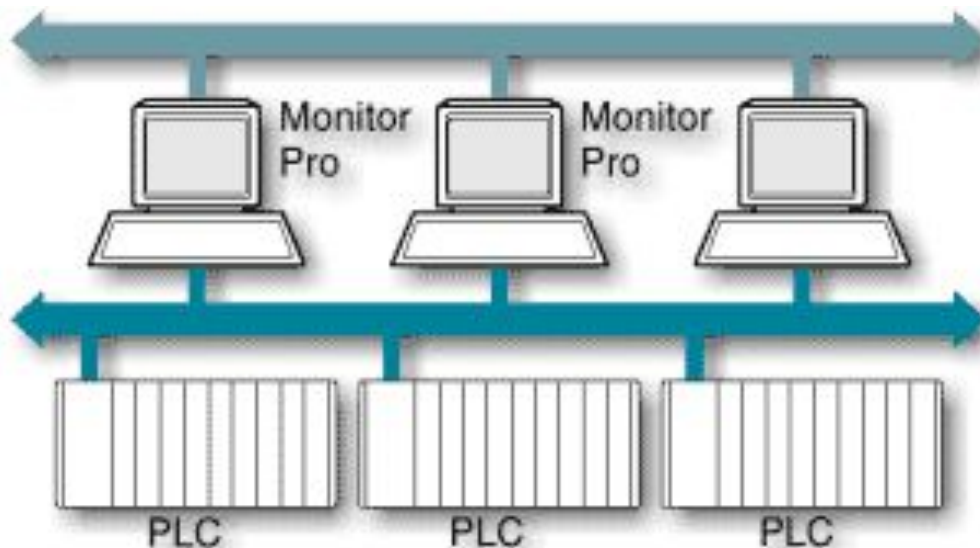


## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ



**Modicon TSX Micro**

### **SCADA-система Monitor Pro**



#### **SCADA-система Monitor Pro решает следующие задачи:**

- Обмен данными с устройством связи с объектом, то есть с промышленными контроллерами и платами ввода/вывода в реальном времени через драйверы.
- Обработка информации в реальном времени.
- Отображение информации на экране монитора в удобной и понятной для человека форме.
- Ведение базы данных реального времени с технологической информацией.
- Аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями.
- Подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического процесса.
- Осуществление сетевого взаимодействия между SCADA ПК.

## ДАТЧИКИ, УСТАНОВЛЕННЫЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

**Уровнемер для пищевой промышленности G24 Seebio**



**KLQ - Датчик качества жидкостных сред**



**Термопреобразователь температуры с унифицированным выходным сигналом ТСМУ-Ех**



**Клапан регулирующий фланцевый с электрическим исполнительным механизмом (эим) 25ч940нж**



## ADAM-5017- 8-канальный модуль аналогового ввода

Технические характеристики:

- 8 дифференциальных каналов ввода
- Эффективное разрешение: 16-бит
- Типы входных сигналов: мВ, В, мА
- Напряжение изоляции: 3000 В пост тока
- Частота выборки: 10 выборок/сек
- Точность:  $\pm 0.1\%$  и выше
- Защита от спадов и перенапряжения (до  $\pm 35$  В)
- Входной диапазон:  $\pm 150$  мВ,  $\pm 500$  мВ,  $\pm 1$  В,  $\pm 5$  В,  $\pm 10$  В;  $\pm 20$  мА



## ADAM-5024- 4-канальный модуль аналогового вывода

Технические характеристики:

- Количество каналов: 4
- Эффективное разрешение: 12-бит
- Типы входного сигнала: мА, В
- Выходной диапазон: 0 ~ 20 мА, 4 ~ 20 мА, 0 ~ 10 В
- Напряжение изоляции: 3000 В пост тока
- Точность:  $\pm 0.1\%$  FSR для токовых выходов
- Разрешение:  $\pm 0.015\%$  FSR



## КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ

Поскольку цель управления технологическими процессами пищевого производства имеет экономическое содержание, то за основу выбран критерий интенсивности средних экономических потерь, заданный выражением:

$$\mathcal{E} = M[f(\varepsilon) - f(0)],$$

где  $\mathcal{E}$  – средняя интенсивность экономических потерь;  $f(\varepsilon)$  – интенсивность экономических потерь;  $f(0)$  – интенсивность экономических потерь при идеальном управлении технологическим процессом;  $M[\square]$  – оператор математического ожидания.

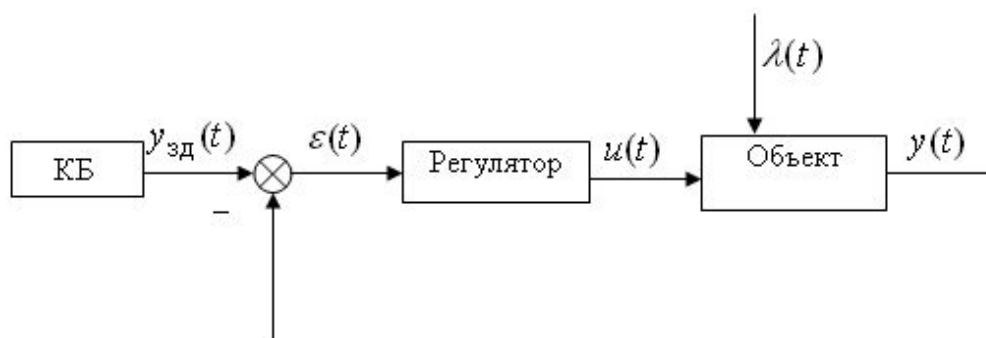
Доказано, что

$$\alpha_0 = \max \rightarrow \mathcal{E} = \min,$$

где  $\alpha_0$  – свободный член характеристического уравнения замкнутой системы.

## УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ (РОБАСТНОСТИ) ДЛЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПИ РЕГУЛЯТОРАМИ

Функция



КБ – командный блок, вырабатывающий сигнал задания  $y_{зд}(t)$ ;  $\varepsilon(t)$  – сигнал ошибки управления;  $u(t)$  – управляющее воздействие на объект;  $y(t)$  – выходной сигнал объекта (управляемая величина);  $\lambda(t)$  – возмущающее воздействие.

**Сигнал ошибки управления определяется по формуле**

$$\varepsilon(t) = y_{зд}(t) - y(t). \quad (1)$$

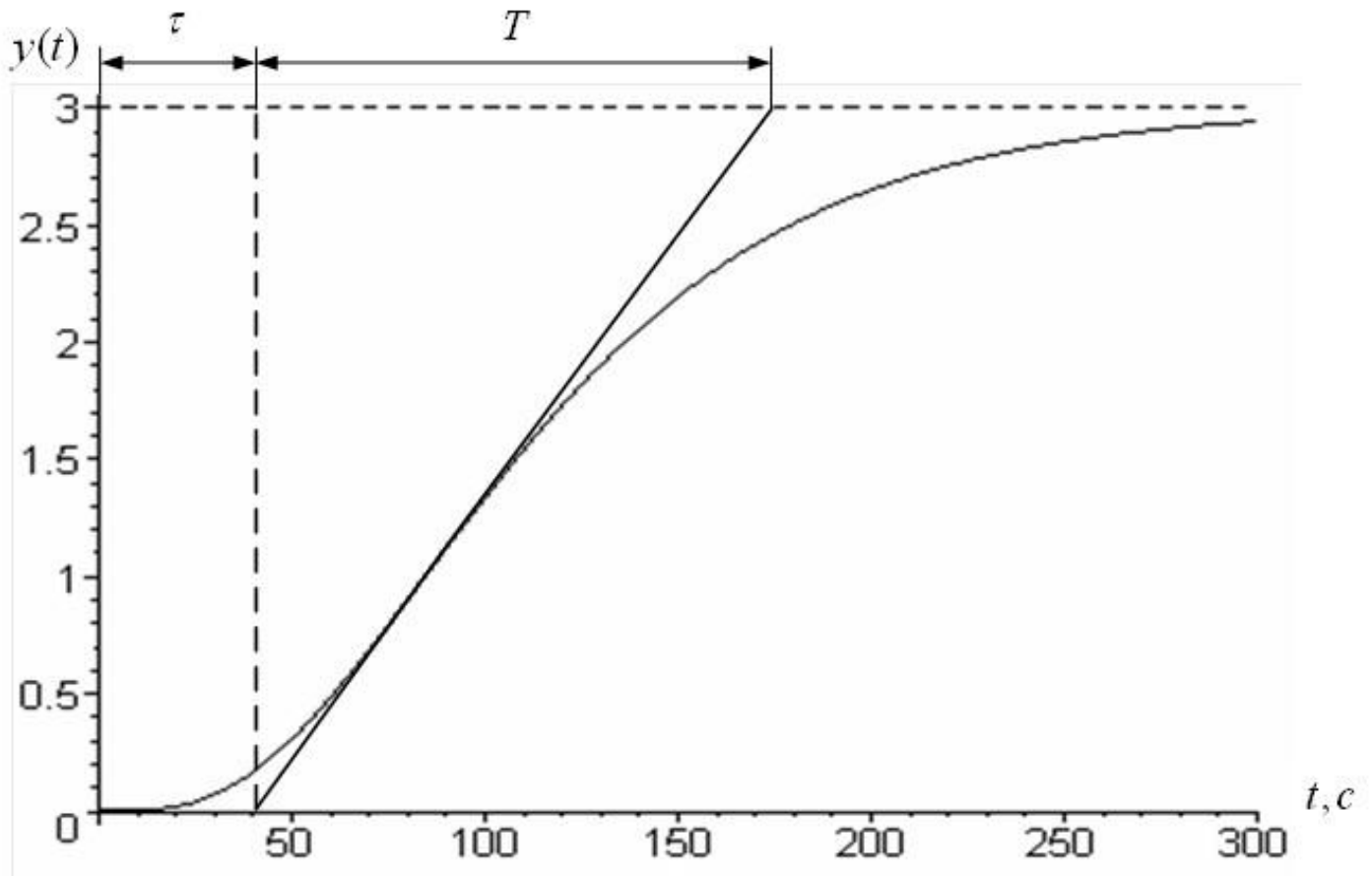
**Передаточная функция ПИ регулятора:**

$$W_{ПИ}(s) = K_p + \frac{K}{T_I s}, \quad (2)$$

где  $K_p$  – коэффициент передачи, а  $T_I$  – постоянная времени интегрирования;  $s$  – комплексная переменная.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ ДИФФУЗИОННОГО СОКА

Идентификация объекта управления по кривой разгона:



Передаточная функция объекта управления  $W_{об}(s)$  задается выражением

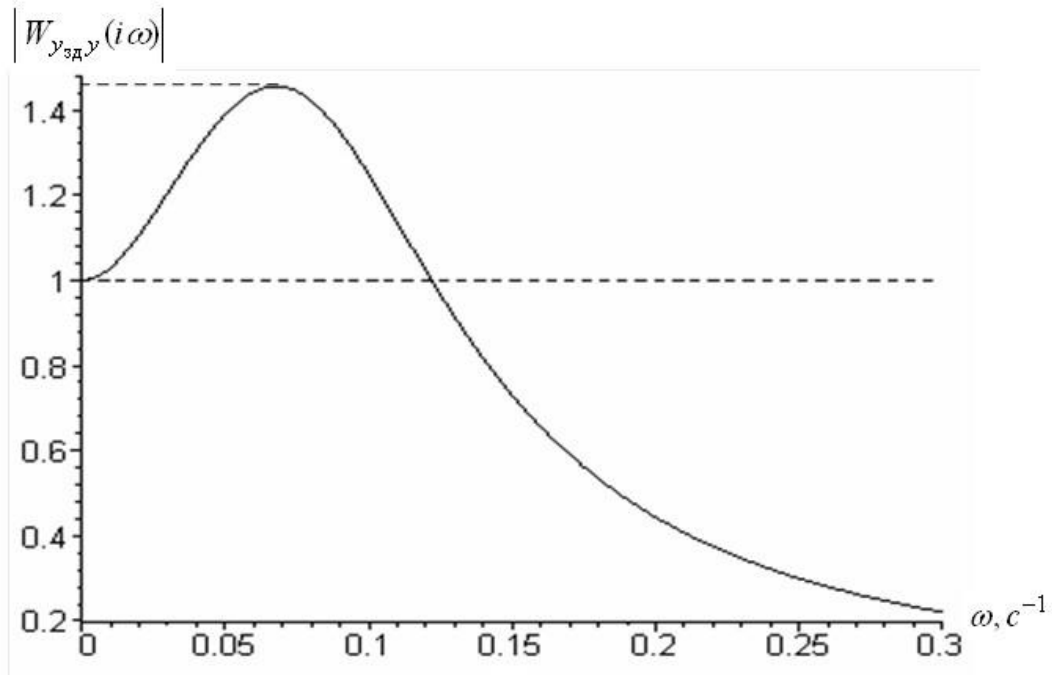
$$W_{об}(s) = \frac{e^{-\tau s}}{K_{об}(1 + Ts)}, \quad (3)$$

где  $K_{об}$  – коэффициент передачи объекта;  $T$  и  $\tau$  – постоянные времени транспортного запаздывания;  $s$  – комплексная переменная.

По кривой разгона установлено, что параметры передаточной функции объекта принимают следующие значения:

$$T = 67 \text{ с}; \tau = 9 \text{ с}; K_{об} = 3. \quad (4)$$

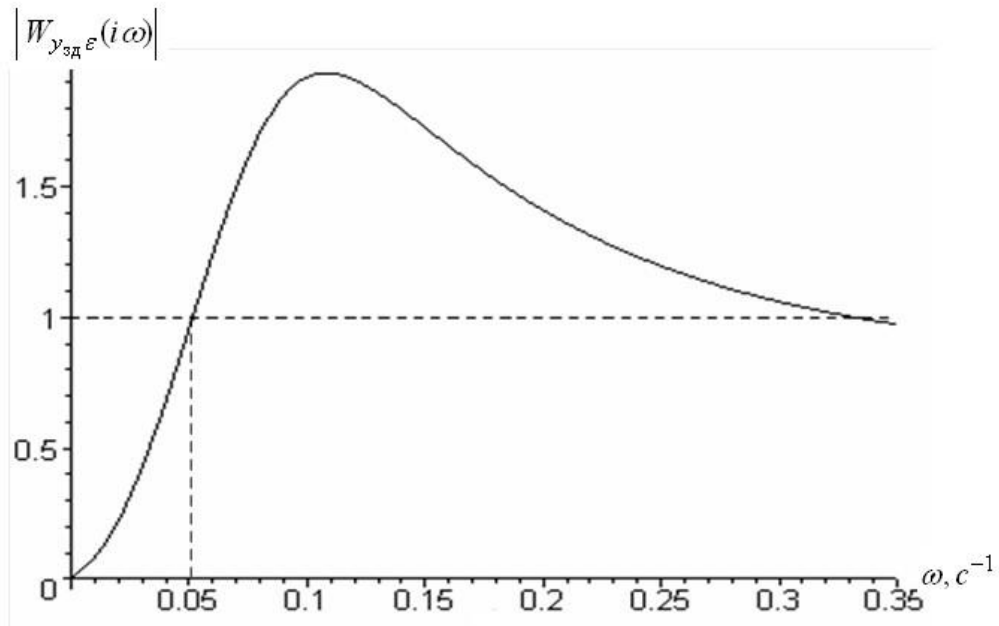
**Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) замкнутой системы  
по каналу  $y_{зд}(t) \rightarrow y(t)$**



Из графика АЧХ по каналу  $y_{зд}(t) \rightarrow y(t)$  следует, что  $M = 1,46$ , (6)

где  $M$  – показатель колебательности замкнутой системы.

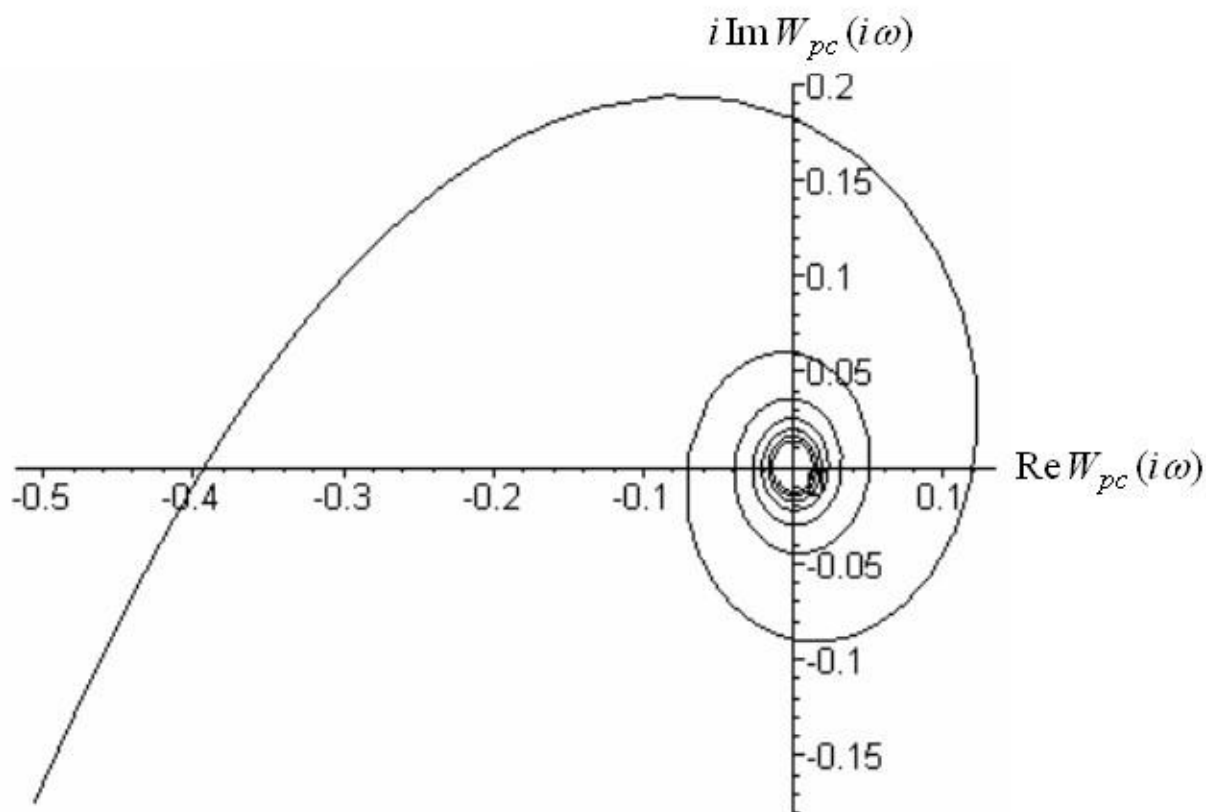
**Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) замкнутой системы  
по каналу  $y_{зд}(t) \rightarrow \varepsilon(t)$**



Интервал частот  $\omega$ , в котором замкнутая система обладает фильтрующими свойствами, т.е. ослабляет действующее на нее возмущение  $\lambda(t)$ , определяется неравенством  $0 \leq \omega < 0,05 \text{ с.}^{-1}$  (7)



## Годограф комплексной частотной характеристики (КЧХ) разомкнутой системы



### КЧХ разомкнутой системы

$$W_{pc}(i\omega) = W_{об}(i\omega)W_{рег}(i\omega) \quad (8)$$

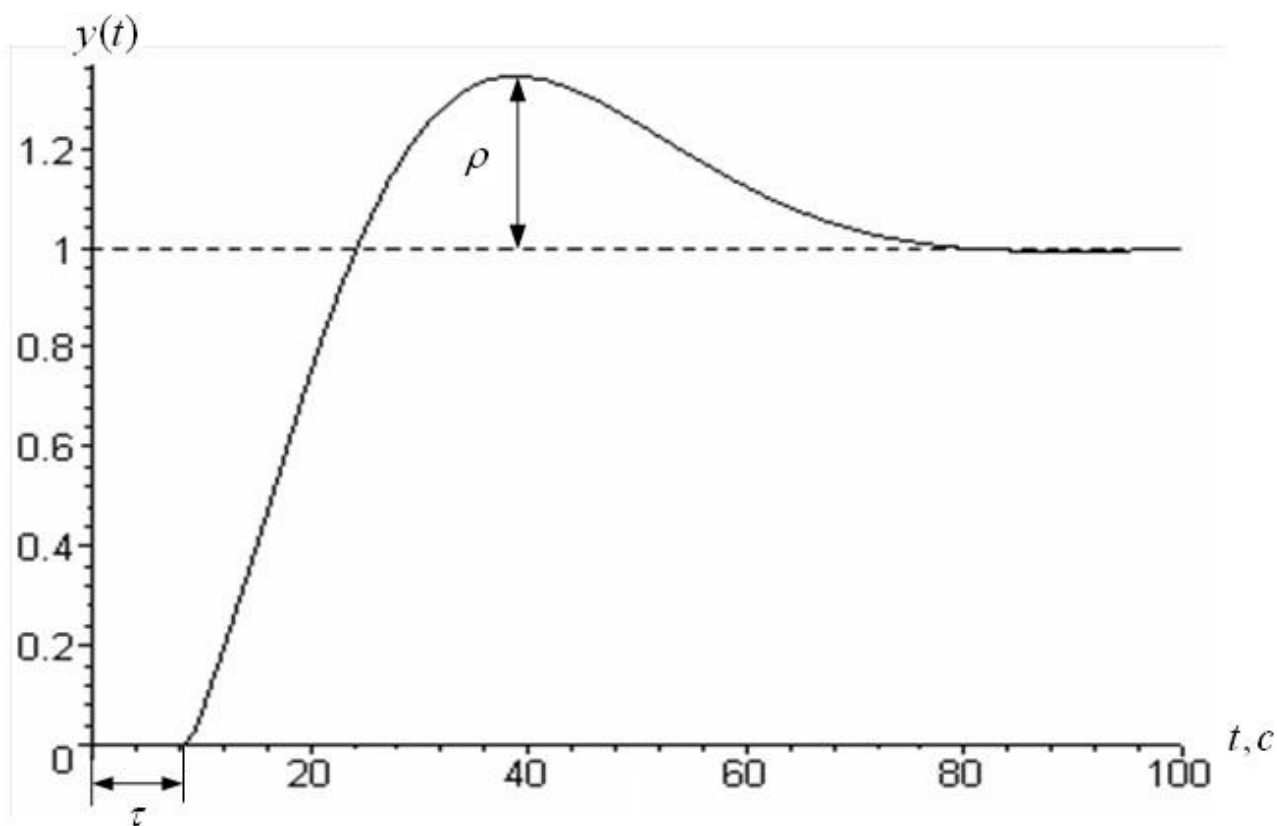
где  $W_{об}(i\omega)$  и  $W_{рег}(i\omega)$  – КЧХ объекта и регулятора соответственно;  $i$  – мнимая единица.

### Критерий устойчивости Найквиста:

Замкнутая система устойчива, если годограф КЧХ разомкнутой системы не охватывает на комплексной плоскости точку с координатами  $(-1, i0)$ .

**Вывод:** По виду годографа комплексной частотной характеристики разомкнутой системы согласно критерию Найквиста, можно сделать вывод, что замкнутая система устойчива, т.к. кривая не охватывает точку с координатами  $(-1, i0)$  на комплексной плоскости.

Переходный процесс  $y(t)$  при действии возмущения  $1(t)$  по каналу  $y \xrightarrow{\text{зд}} y(t)$



**Перерегулирование:**

$$\delta = \rho \cdot 100 \% = 36 \% \quad (9)$$

**Время затухания переходного процесса:**

Согласно графику переходный процесс  $y(t)$  достаточно быстро затухает, причем его время затухания  $t_{\text{зт}}$  составляет

$$t_{\text{зт}} = 76 \text{ с} . \quad (10)$$

При выполнении расчетов динамических характеристик системы управления использовался программный пакет MAPLE 7.

Система Maple предназначена для символьных вычислений, имеет ряд средств и для численного решения дифференциальных уравнений и нахождения интегралов. Обладает развитыми графическими средствами.

### ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

- По пожарной опасности отделение дефекосатурации свеклосахарного завода относится к категории «Б».
- С точки зрения опасности поражения человека электрическим током, отделение дефекосатурации относится к помещениям с повышенной опасностью.
- В отделении дефекосатурации свеклосахарного завода не используются взрывоопасные вещества или оборудование, следовательно, оно не относится к помещениям с повышенной взрывоопасностью.

### ТАБЛИЦА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Экономические показатели	В базовом варианте, в тыс. руб.	В проектируемом варианте, в тыс. руб.
Затраты на электроэнергию	161	118
Затраты на тепловую энергию	600	672
Трудовые затраты	3060	2570
Затраты на амортизацию и ремонт оборудования	184	221
Стоимость технического оборудования	700	980
Доход от продажи продукции	4500	5400
Дополнительная прибыль за счет автоматизации	0	2737

## **ВЫВОДЫ**

1. Рассмотрен и автоматизирован технологический процесс дефекосатурации свеклосахарного завода.
2. Рассмотрен процесс управления температурой диффузионного сока.
3. Для управления технологическими процессами свеклосахарного завода использовался программируемый логический контроллер TSX Micro компании Schneider Electric и SCADA-система Monitor Pro.
4. Построена математическая модель канала управления температурой диффузионного на основании анализа кривой разгона, получаемой при подаче на вход системы единичного ступенчатого воздействия.
5. Дано обоснование критериев управления температурой диффузионного, т.е. показано, что при оптимизации выбранных критериев обеспечивается минимум экономических потерь, обусловленных отклонением температуры сушла от значения, заданного в соответствии с технологическими требованиями.
6. Разработан алгоритм расчета значений параметров настройки ПИ-регулятора, обеспечивающий робастность управления, устойчивость замкнутой системы и достаточно быстрое затухание переходных процессов.
7. Приведены основные характеристики датчиков (уровень, температура, качество, клапаны запорные), установленных на технологическом процессе.
8. Проведен расчет экономической эффективности разработанной системы управления. Затраты на автоматизацию производства окупались за достаточно короткий срок, который составил 8-8,5 месяцев, что современным меркам является хорошим показателем.
9. Рассмотрены основные понятия и методы адаптивного управления технологическими процессами.