



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА 09.04.01/05 Современные интеллектуальные
программно-аппаратные комплексы.

О Т Ч Е Т

по домашней работе № 1

Название: Влияние обратных связей на поведение систем.

Дисциплина: Системный анализ в управлении

Студент

ИУ6-41М

(Группа)

(Подпись, дата)

И.С. Марчук

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

Д.А. Миков

(Подпись, дата)

(И.О. Фамилия)

Москва, 2025

Цель: изучение влияния разных типов обратных связей на поведение системы.

Задание:

1. Выполнить системный анализ заданной автоматизированной системы:

- определить её цель и назначение;
- выявить особенности структуры, взаимосвязи компонентов, наличие и тип обратных связей;
- предложить системно-динамическую модель для прогнозирования поведения системы.

2 Построить функциональную модель заданной автоматизированной системы, используя методологию IDEF0.

- Модель должна содержать диаграммы трёх уровней;
- Предложить модель «как должно быть».

В качестве заданной автоматизированной системы используется объект исследования из ВКР.

Ход работы

В качестве заданной автоматизированной системы был взят завод по производству двусторонних печатных плат.

Системный анализ автоматизированной системы:

Цель: автоматизированное производство двусторонних печатных плат с высокой производительностью и минимизацией брака.

Назначение: обеспечение непрерывного, точного и эффективного изготовления ПП, начиная от подачи заказа до выхода готового изделия.

Структура и взаимосвязь компонентов системы

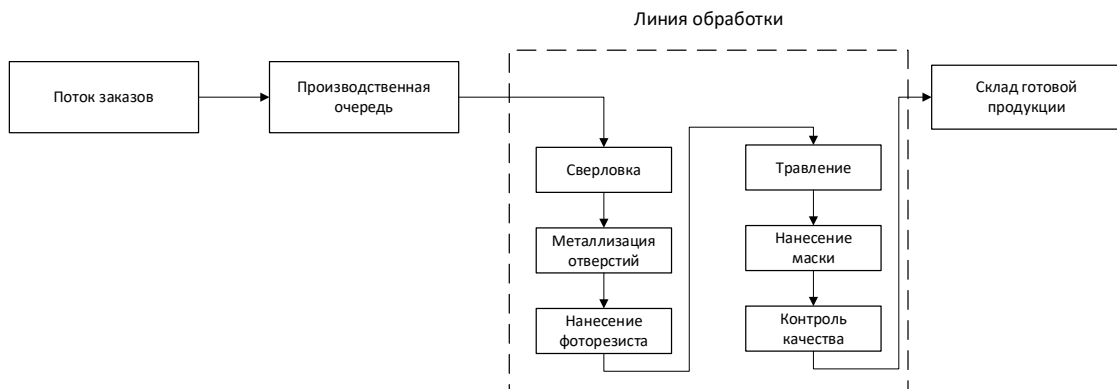


Рисунок 1 – Структурная схема системы

Система состоит из следующих ключевых компонентов (рисунок 1):

- 1) Поток заказов — внешнее задание на изготовление ПП.
- 2) Производственная очередь — буфер входящих заданий.
- 3) Линия обработки (производственные модули):
 - сверловка;
 - металлизация отверстий;
 - нанесение фоторезиста;
 - травление;
 - нанесение маски и маркировки;
 - контроль качества.
- 4) Склад готовой продукции.

Взаимосвязи и типы обратных связей:

Таблица 1 – Взаимосвязи и типы обратных связей

Связь	Тип	Влияние
Заказы → Очередь	Прямая	Рост нагрузки
Очередь → Производство	Ограниченная	Скорость зависит от мощностей
Производство → Склад	Прямая	Рост готовых изделий
Очередь → Заказчики	Обратная (-)	Снижение заказов при долгом ожидании
Склад → Заказчики	Обратная (+)	Увеличение спроса при хорошей доставке

Системно-динамическая модель

Переменные:

$Z(t)$ — количество активных заказов;

$Q(t)$ — длина производственной очереди;

$G(t)$ — количество готовых плат;

P — производственная мощность (шт/день);

λ — средняя интенсивность поступления заказов;

γ — коэффициент роста спроса при высоком качестве;

β — коэффициент оттока заказов при длинной очереди;

Q_{crit} — критический порог очереди.

Формулы:

1. Генерация заказов:

$$z_{new}(t) = \lambda U(t)$$

2. Обработка:

$$z_{proceed}(t) = \min(Q(t) + z_{new}(t), P)$$

3. Очередь:

$$Q(t + 1) = \max(Q(t) + z_{new}(t) - z_{proceed}(t), 0)$$

4. Готовые изделия:

$$G(t+1) = G(t) + Z_{proceed}(t)$$

5. Качество обслуживания:

$$S(t) = e^{-\beta Q(t)}$$

6. Изменение активности клиентов:

$$\Delta U(t) = \gamma \cdot U(t) \cdot S(t) - \beta \cdot U(t) \cdot I[Q(t) > Q_c]$$

$$U(t+1) = U(t) + \Delta U(t)$$

Листинг 1 – программа построения графика в MathLab

```
% Примерная структура:
t = 0:100;
Q = zeros(size(t));
U = zeros(size(t));
G = zeros(size(t));
U(1) = 50;% Клиенты
Q(1) = 0; % Производственная очередь
G(1) = 0; % Количество готовых плат

% коэффициенты
lambda = 2; % средняя интенсивность поступления заказов
P = 80; % производственная мощность (шт/день);
beta = 0.01; % коэффициент оттока заказов при длинной очереди;
gamma = 0.03; % коэффициент роста спроса при высоком качестве;
Qcrit = 100; % критический порог очереди.

for i = 1:length(t)-1
    Znew = lambda * U(i);
    Zproc = min(Q(i) + Znew, P);
    Q(i+1) = max(Q(i) + Znew - Zproc, 0);
    G(i+1) = G(i) + Zproc;
    S = exp(-beta * Q(i));
    dU = gamma * U(i) * S - beta * U(i) * (Q(i) > Qcrit);
    U(i+1) = U(i) + dU;
end

plot(t, Q, t, U, t, G);
legend('Очередь', 'Клиенты', 'Готовые платы');
% legend('Ochered', 'Klienty', 'Gotovie platy');
```

Проверка работы системы при различных сценариях

Сценарий 1: Идеальный рост – Система успешно справляется с потоком заказов, спрос растёт.

$$\lambda = 1.5;$$

$$P = 100;$$

$$\beta = 0.005;$$

$$\gamma = 0.05;$$

$$Q_{crit} = 150;$$

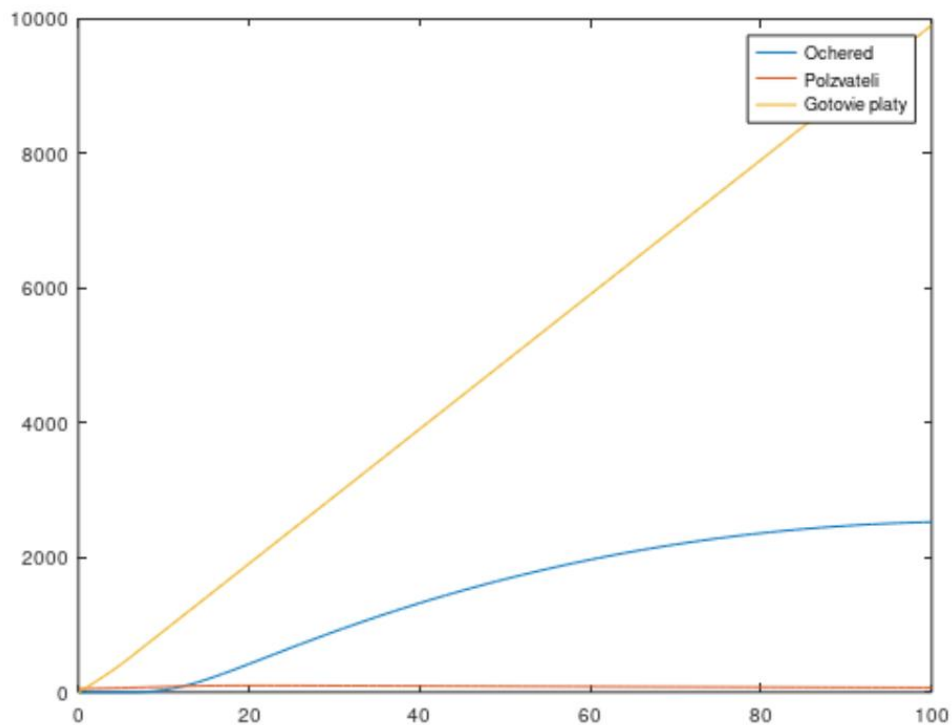


Рисунок 2 – График сценария 1

Очередь остаётся небольшой, пользователи растут, система стабильно загружена.

Сценарий 2: Перегрузка и отток – Очередь растёт быстрее, чем мощность производства → отток заказов.

$$\lambda = 2.5;$$

$$P = 70;$$

$$\beta = 0.02;$$

$$\gamma = 0.01;$$

$Q_{crit} = 80$;

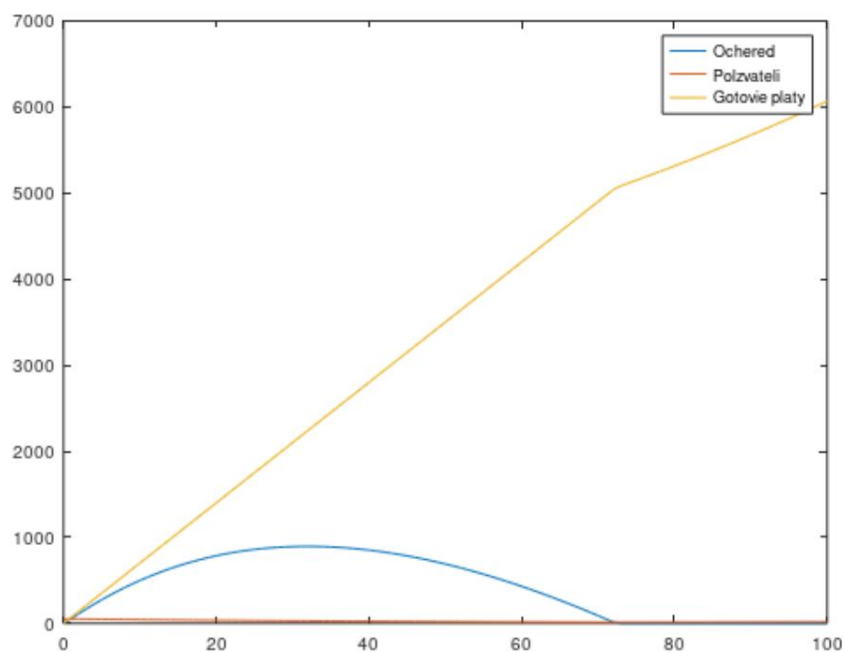


Рисунок 3 – График сценария 2

Результат: Очередь быстро накапливается, заказчики начинают уходить.

Сценарий 3: Колебания спроса (нестабильность) – Система иногда справляется, иногда нет.

$\lambda = 2$;

$P = 80$;

$\beta = 0.01$;

$\gamma = 0.03$;

$Q_{crit} = 100$;

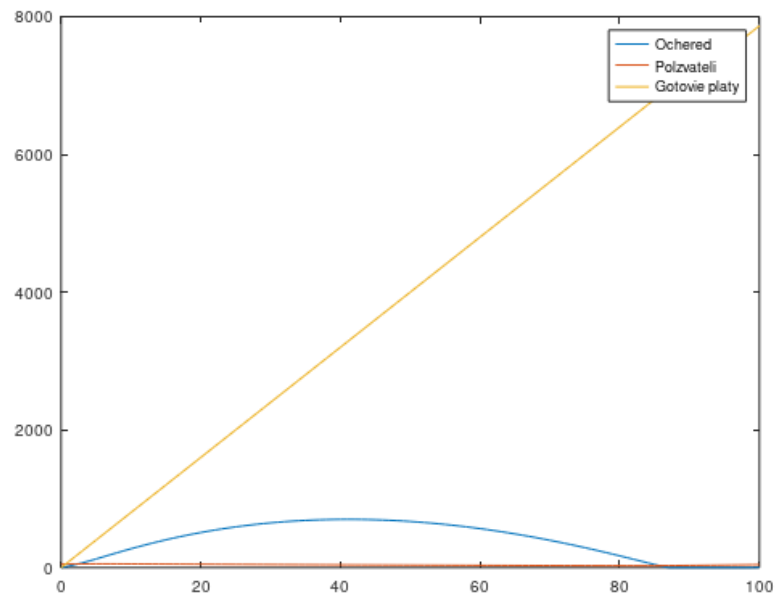


Рисунок 4 – График сценария 3

Результат: Периодические всплески и падения — переходная нестабильная динамика.

Сценарий 4: Переход в насыщение — Система выходит на насыщение, очередь растёт, но потом стабилизируется.

$\lambda = 2$;

$P = 85$;

$\beta = 0.015$;

$\gamma = 0.025$;

$Q_{crit} = 120$;

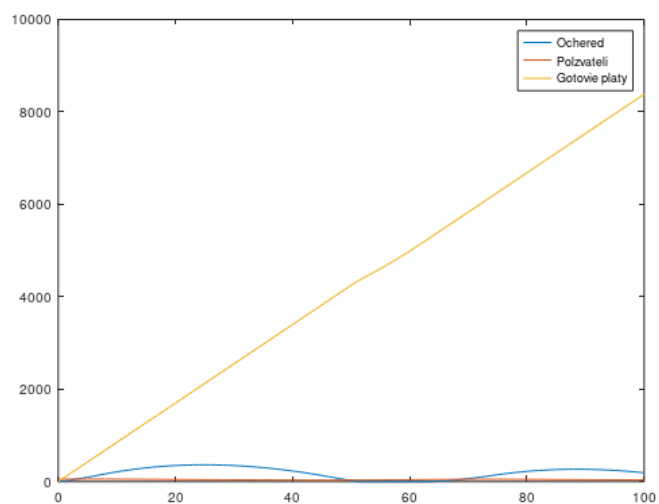


Рисунок 5 – График сценария 4

Результат: Очередь достигает плато, пользователи стабилизируются.

Сценарий 5: Высокий спрос, низкая производительность — система ломается.

$\lambda = 3$;

$P = 60$;

$\beta = 0.03$;

$\gamma = 0.01$;

$Q_{crit} = 50$;

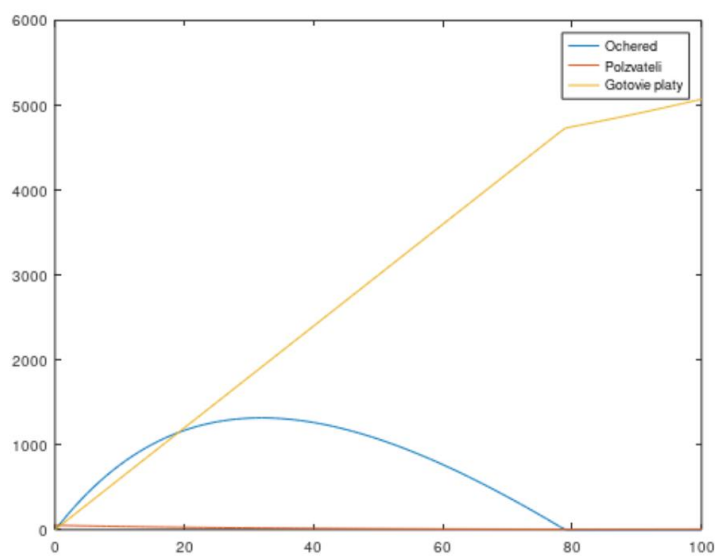


Рисунок 6 – График сценария 5

Результат: Пользователи быстро уходят, очередь бесконтрольно растёт, загрузка падает.

2. Функциональная модель (IDEF0)

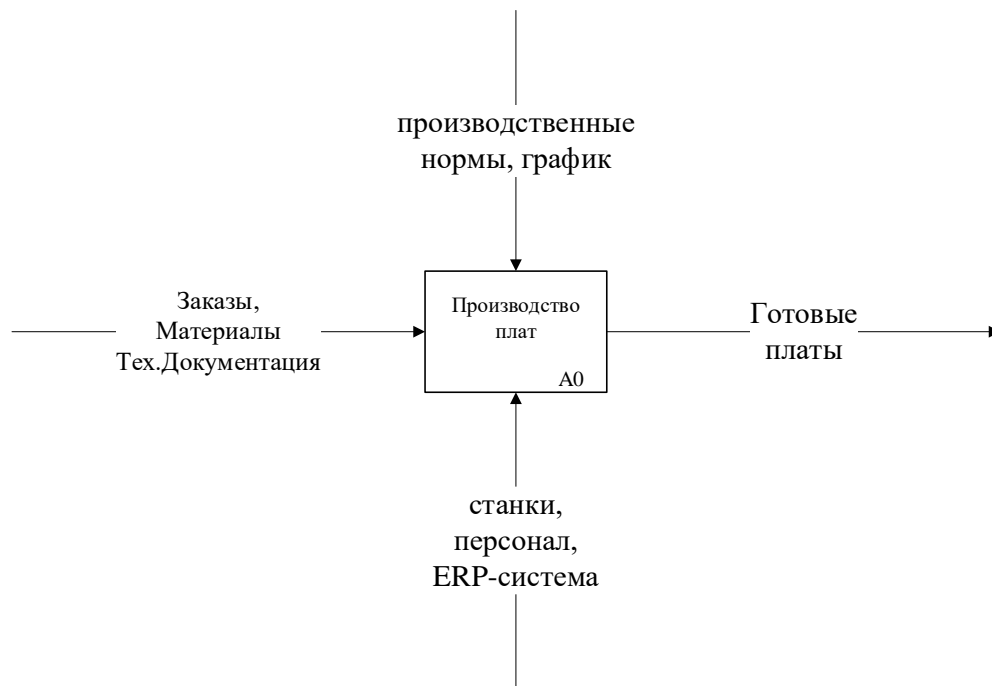


Рисунок 7 – А-0 Контекстная диаграмма

Функция: Производство двусторонних ПП

- Входы: заказы, материалы, тех. документация
- Выходы: готовые платы
- Управление: производственные нормы, график
- Механизмы: станки, персонал, ERP-система

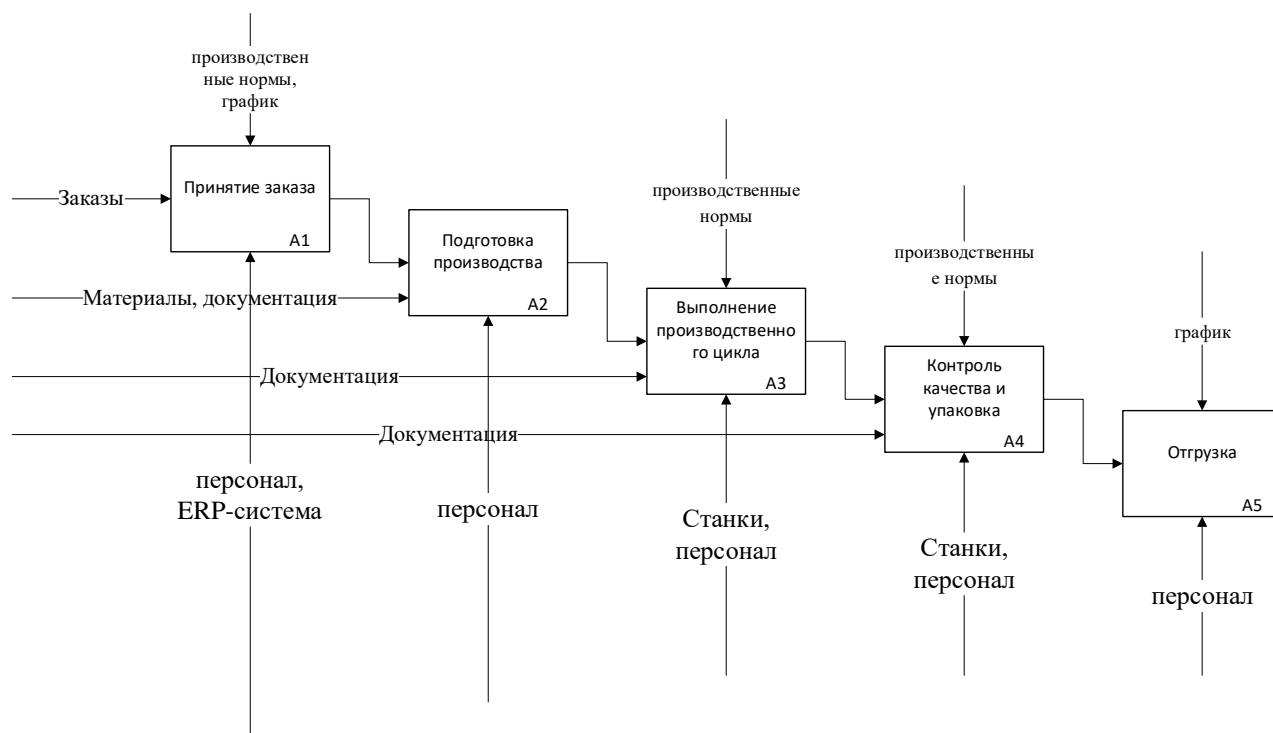


Рисунок 8 – A0 Первый уровень (декомпозиция)

1. A1 — Принятие заказа
2. A2 — Подготовка производства
3. A3 — Выполнение производственного цикла
4. A4 — Контроль качества и упаковка
5. A5 — Отгрузка

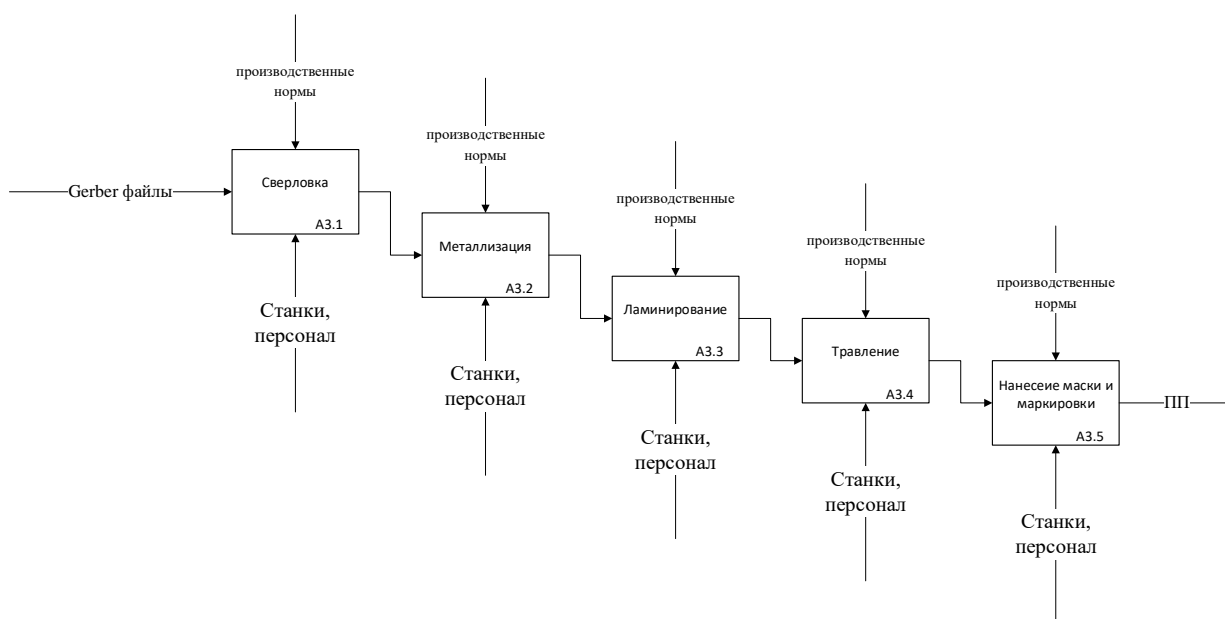


Рисунок 8 – Выполнение производственного цикла

A3 Второй уровень

1. A3.1 — Сверловка
2. A3.2 — Металлизация
3. A3.3 — Ламинирование
4. A3.4 — Травление
5. A3.5 — Нанесение маски и маркировки

3. Модель «Как должно быть» (ТО-ВЕ)

Улучшения:

- Внедрение цифрового двойника производственной линии (для мониторинга и предиктивной аналитики).
- Добавление AI-планирования очереди для приоритезации заказов.
- Интеграция с MES-системой для полной автоматизации учета и аналитики.

Дополнения в IDEF0:

A6 — AI-модуль планирования

A7 — Сбор и анализ данных в реальном времени

A3.6 — Автоматическая корректировка маршрута при сбоях

Вывод

В процессе выполнения домашней работы была изучена методология моделирования функциональных моделей системы IDEF0 и выполнены на 3 уровнях представления, была выполнена модель «as-is». В результате было выполнены следующие шаги: определение цели системы и ее назначения; выявление особенности структуры, взаимосвязей компонентов и типов связей.