

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

С. А. Санников, В. Г. Мокрозуб, М. С. Калистратов

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»,  
mokrozubv@yandex.ru, ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** автоматизированное проектирование; линии для гальванической обработки деталей; процедурная модель; функциональная диаграмма.

**Аннотация:** Дано описание процедурной модели проектирования гальванических линий, которая включает в себя следующие стадии проектирования: определение типов, числа и размеров ванн на каждом этапе технологического процесса; компоновка аппаратов и трассировки трубопроводов; разработка конструкции отдельной ванны. Для каждой стадии определены входные, управляющие и выходные информационные потоки, включая обратные связи. Модель предназначена для создания интеллектуальных систем автоматизированного проектирования.

---

### Введение

Линии для нанесения гальванических, химических и анодных покрытий используются для придания обрабатываемым изделиям защитных, декоративных, электропроводных и других свойств. Их особенность – огромное разнообразие технологических карт, рецептов для придания изделию тех или иных свойств. Обработка производится с применением однотипного оборудования, выстроенного в технологическую цепочку – линию, которая включает основное и вспомогательное оборудование, выпрямительные и фильтровальные установки, холодильные машины, запорную и регулирующую арматуру, трубопроводы.

В соответствии с ГОСТ 2.103–2013 основными этапами разработки конструкторской документации являются:

- разработка проектной конструкторской документации (техническое предложение, эскизный проект, технический проект);
- разработка рабочей конструкторской документации.

На каждом из этапов осуществляется детализация проекта.

Проектирование линии проходит две взаимосвязанные инженерно-технические стадии [1]:

- технологическую;
- конструкционную.

Цель технологического проектирования состоит в выборе (разработке) оптимальной технологической карты получения покрытий, удовлетворяющих требованиям технического задания, разработке оптимальной компоновки линии

(сокращение потерь, связанных с перемещением обслуживающего персонала или манипулятора), определении оптимальных технологических и конструкционных параметров технологических ванн и др. В качестве критерия оптимизации, как правило, используют капитальные и эксплуатационные затраты.

На стадии конструкционного проектирования решаются задачи оптимального размещения оборудования, выбора и разработки конструкции технологических ванн, разработки монтажно-технологической документации и пр.

Вопросам разработки систем автоматизированного проектирования (САПР) химико-технологических систем (ХТС), к которым можно отнести и гальванические линии, посвящено большое число публикаций. В статьях [2, 3] дано описание разработки САПР ХТС для химико-фармацевтической промышленности, в [4 – 7] рассмотрена автоматизация различных этапов проектирования многоассортиментных химических производств, в [8] дан подробный анализ состояния автоматизированного проектирования многоассортиментных химических производств. Авторы публикаций [9, 10] описывают подходы к проектированию оборудования отдельных стадий гальванических линий, в работах [11, 12] рассматриваются управление и оптимизация гальванических процессов.

Несмотря на достаточно большое число публикаций, посвященных автоматизации проектирования гальванических линий и смежных областей, в литературных источниках отсутствует описание процесса проектирования гальванических линий как системы, охватывающей стадии технологического и конструкционного проектирования.

*Цель данного исследования* – разработка процедурной модели проектирования линии для нанесения гальванического, химического и анодного покрытий, охватывающей стадии технологического и конструкционного проектирования.

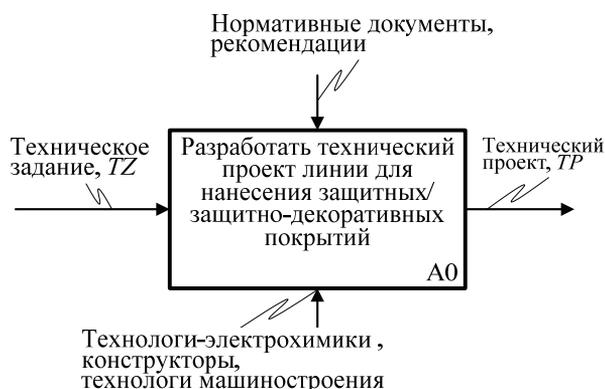
Представлена функциональная диаграмма стадий технологического и конструкционного проектирования линии. При этом на стадии технологического проектирования решается задача определения технологической карты обработки деталей, типов ванн на каждом этапе (формирование структуры линии), числа и размеров технологических ванн, на стадии конструкционного проектирования – размещения ванн в линии (одно-, двухрядные линии) в производственном помещении, трассировки трубопроводов и конструирования отдельных единиц основного и вспомогательного оборудования. Рассмотрена процедурная модель проектирования линии.

#### **Функциональная диаграмма проектирования линий для нанесения гальванических, химических и анодных покрытий**

Для представления этапов процесса проектирования линий и информационных потоков, присутствующих при проектировании, воспользуемся методологией функционального моделирования и графической нотации IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling).

Контекстная диаграмма верхнего уровня, отображающая связи процесса проектирования с окружающей средой, представлена на рис. 1.

Функция блока А0 – проектирование технологического объекта. Исходные данные для проектирования – техническое задание, включающее перечень обрабатываемых деталей, объемы и технологические карты (при наличии) обработки каждой детали и сборочной единицы (ДСЕ). Результат – элементы технического проекта, включающие тип и размеры каждой единицы оборудования линии (спецификации), компоновочные чертежи оборудования, чертежи трассировки трубопроводов, конструкторско-технологическую документацию на оборудование, которое предстоит изготовить. Механизмы – технологи-электрохимики, конструкторы, технологи машиностроения – «лица, принимающие решения» в вопросах выбора.



**Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня A0 проектирования гальванической линии**



**Рис. 2. A0 – разработка технического проекта линии для нанесения защитно-декоративных покрытий**

На рисунке 2 представлена функциональная диаграмма A0 – разработка технического проекта линии для нанесения защитно-декоративных покрытий, где используются следующие информационные потоки:

$TZ$  – техническое задание на проектирование,  $TZ = I_1 \cup I_2$ ;

$I_1$  – перечень обрабатываемых ДСЕ, объемы их выпуска и время, за которое надо выпустить данные объемы;

$I_2$  – технологическая карта (последовательность операций обработки для каждого ДСЕ, состав и количество химических реагентов, добавок, их свойства, продолжительность каждой технологической операции и др.);

$I_3$  – размер единичной загрузки, используемый технологический спутник, тип, число и рабочее окно ванн на каждой стадии (спецификация основного и вспомогательного оборудования);

$I_4$  – координаты аппаратов в производственном помещении, координаты вспомогательного оборудования и соединительных трубопроводов (компоновочные чертежи и чертежи трасс);

$I_5$  – структура, размеры элементов и порядок изготовления ванн (спецификация, чертеж общего вида, чертежи деталей, маршрутно-операционные карты);

$I_6$  – перечень проблемных ванн для стадии размещения и трассировки, причины, по которым для этих аппаратов не удастся выполнить этап размещения и трассировки;

$I_7$  – перечень проблемных стадий для изготовления ванн с теми характеристиками, которые определены на предыдущих этапах.

$TP$  – технический проект,  $TP = I_3 \cup I_4 \cup I_5$ .

Функциональная диаграмма A1 – определение технологической цепочки, числа и размеров ванн на каждом этапе, представлена на рис. 3, где  $I_{31}$  – типы ванн на каждом этапе;  $I_{32}$  – число и размеры ванн;  $I_{33}$  – проблемные стадии рабочего окна и числа ванн;  $I_3 = I_{31} \cup I_{32}$ .

Функциональная диаграмма A2 – размещение аппаратов и трассировка трубопроводов, представлена на рис. 4. Предполагается, что оборудование размещается в несколько рядов. В этом случае задача размещения оборудования может быть разбита на две подзадачи:

- размещение ванн по рядам;
- размещение ванн в ряду.

Информационные потоки:

$I_{41}$  – перечень ванн, размещаемых в каждом ряду;

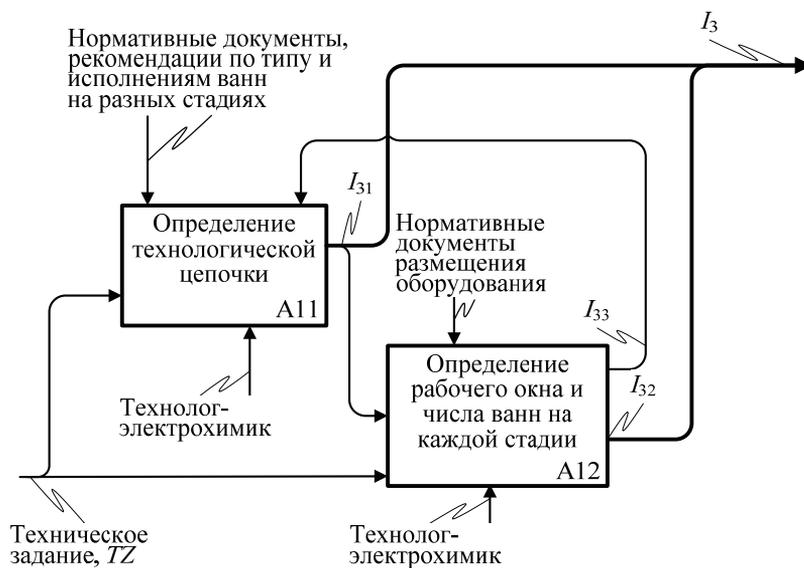
$I_{42}$  – координаты ванн в каждом ряду;

$I_{43}$  – координаты трубопроводов;

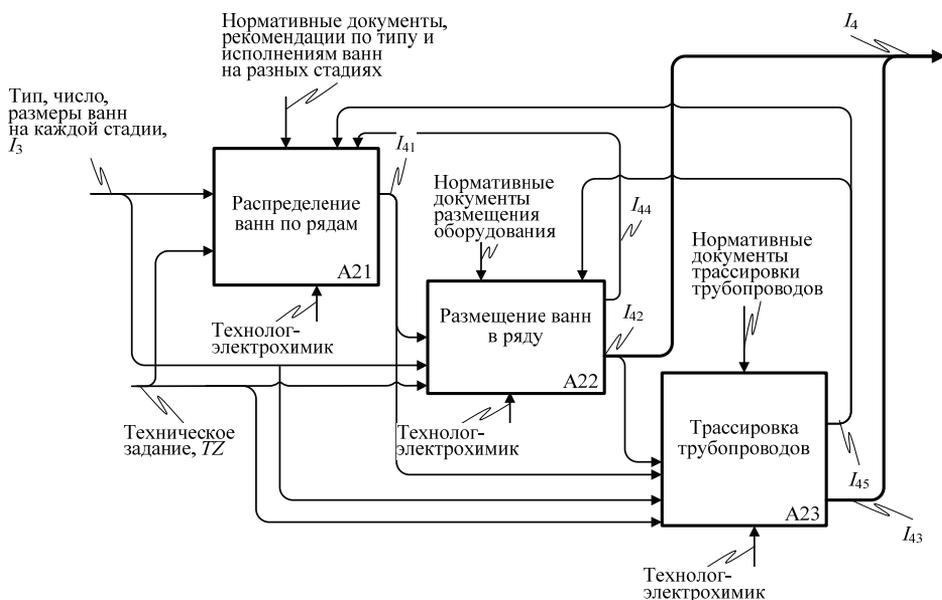
$I_4 = I_{42} \cup I_{43}$  – компоновочные чертежи и чертежи трасс.

$I_{44}$  – проблемные ванны при размещении в заданном ряду;

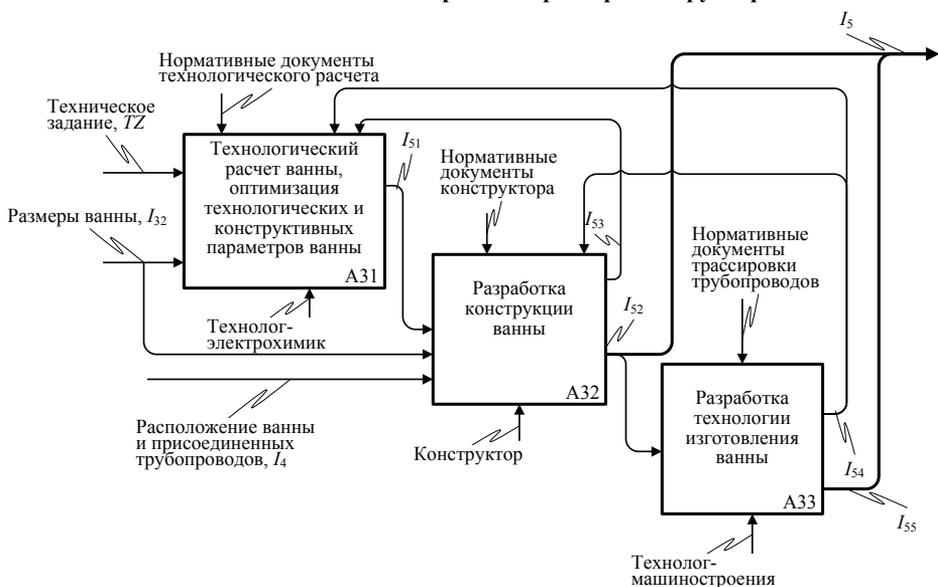
$I_{45}$  – проблемные ванны при трассировке трубопроводов.



**Рис. 3. A1 – Определение технологической цепочки, числа и размеров ванн на каждом этапе**



**Рис. 4. А2 – Размещение аппаратов и трассировка трубопроводов**



**Рис. 5. А3 – Разработка конструкторско-технологической документации отдельных единиц оборудования**

Функциональная диаграмма А3 – разработка конструкторско-технологической документации отдельных единиц оборудования, представлена на рис. 5.

Информационные потоки:

$I_{51}$  – результаты технологического расчета и оптимизации технологических и конструктивных параметров аппарата;

$I_{52}$  – конструкторская документация;

$I_{53}$  – проблемные характеристики аппарата при конструировании;

$I_{54}$  – проблемные стадии разработки технологии изготовления ванн;

$I_{55}$  – технологическая документация;

$I_5 = I_{52} \cup I_{53}$  – технический проект аппарата (конструкторско-технологическая документация).

### Процедурная модель проектирования линий, предназначенных для гальванической, химической и анодной обработки деталей

Процедурная модель  $FM$  предназначена для преобразования информационного потока, определенного техническим заданием  $TZ$  в информационный поток технического проекта  $TP$  с использованием информационной модели проектируемого объекта  $M$ :

$$FM : TZ \xrightarrow{M} TP ;$$

$$TZ = I_1 \cup I_2 ;$$

$$TP = I_3 \cup I_4 \cup I_5 .$$

Процедурную модель представим в виде системы выражений:

$$FM = \langle F_1, F_2, F_3 \rangle ;$$

$$M = \langle M_1, M_2, M_3 \rangle ;$$

$$F_1 : TZ \cup I_6 \cup I_7 \xrightarrow{M_1} I_3 ;$$

$$F_2 : TZ \cup I_3 \cup I_7 \xrightarrow{M_2} I_6 ;$$

$$F_3 : TZ \cup I_3 \cup I_4 \xrightarrow{M_3} I_5 \cup I_7 ,$$

где  $F_1, F_2, F_3$  – процедуры соответственно определения технологической цепочки, числа и размеров ванн на каждой стадии; размещения ванн и трассировки трубопроводов; разработки конструкторско-технологической документации отдельных единиц оборудования;  $M_1, M_2, M_3$  – информационные модели соответственно технологической цепочки, числа и размеров ванн на каждой стадии; размещения ванн и трассировки трубопроводов; отдельной ванны технологической цепочки;

$$F_1 = \langle F_{11}, F_{12} \rangle ;$$

$$M_1 = \langle M_{11}, M_{12} \rangle ;$$

$$F_{11} : TZ \cup I_{33} \xrightarrow{M_{11}} I_{31} ;$$

$$F_{12} : TZ \cup I_{31} \xrightarrow{M_{12}} I_{32} \cup I_{33} ,$$

где  $F_{11}, F_{12}$  – процедуры соответственно определения технологической цепочки; числа и размеров ванн на каждой стадии;  $M_{11}, M_{12}$  – информационные модели соответственно технологической цепочки и ванн на каждой стадии (позволяет определить число аппаратов и рабочее окно загрузки);

$$F_2 = \langle F_{21}, F_{22}, F_{23} \rangle ;$$

$$M_2 = \langle M_{21}, M_{22}, M_{23} \rangle ;$$

$$F_{21} : TZ \cup I_3 \cup I_{44} \cup I_{45} \xrightarrow{M_{21}} I_{41} ;$$

$$F_{22} : TZ \cup I_{41} \cup I_3 \cup I_{45} \xrightarrow{M_{22}} I_{42} \cup I_{44} ;$$

$$F_{23} : TZ \cup I_{41} \cup I_{42} \xrightarrow{M_{23}} I_{43} \cup I_{45} ,$$

где  $F_{21}, F_{22}, F_{23}$  – процедуры соответственно распределения ванн по рядам; размещения ванн в ряду; трассировки трубопроводов;  $M_{21}, M_{22}, M_{23}$  – информационные модели соответственно распределения ванн по рядам; размещения ванн в ряду; трассировки трубопроводов;

$$F_3 = \langle F_{31}, F_{32}, F_{33} \rangle ;$$

$$M_3 = \langle M_{31}, M_{32}, M_{33} \rangle ;$$

$$F_{31} : TZ \cup I_{32} \cup I_{53} \cup I_{54} \xrightarrow{M_{31}} I_{51} ;$$

$$F_{32} : TZ \cup I_{32} \cup I_4 \cup I_{51} \cup I_{54} \xrightarrow{M_{32}} I_{52} \cup I_{53} ;$$

$$F_{33} : I_{52} \xrightarrow{M_{33}} I_{55} \cup I_{54} ,$$

где  $F_{31}, F_{32}, F_{33}$  – процедуры соответственно технологического расчета ванны и оптимизации ее конструктивных и технологических параметров; разработки конструкции ванны; разработки технологии изготовления ванны;  $M_{31}, M_{32}, M_{33}$  – информационные модели соответственно технологического расчета ванны и оптимизации ее конструктивных и технологических параметров; конструкции ванны; технологии изготовления ванны.

В таблице 1 обобщены приведенные состав и функции процедурной модели.

Таблица 1

**Процедурная модель процесса проектирования линии  
для гальванической, химической и анодной обработки деталей**

Процедура	Действие
1	2
$FM, FM = \langle F_1, F_2, F_3 \rangle$	$FM : TZ \xrightarrow{M} TP ,$ $M = \langle M_1, M_2, M_3 \rangle$
$F_1, F_1 = \langle F_{11}, F_{12} \rangle$	$F_1 : TZ \cup I_6 \cup I_7 \xrightarrow{M_1} I_3 ,$ $M_1 = \langle M_{11}, M_{12} \rangle$
$F_{11}$	$F_{11} : TZ \cup I_{33} \xrightarrow{M_{11}} I_{31}$
$F_{12}$	$F_{12} : TZ \cup I_{31} \xrightarrow{M_{12}} I_{32} \cup I_{33}$
$F_2, F_2 = \langle F_{21}, F_{22}, F_{23} \rangle$	$F_2 : TZ \cup I_3 \cup I_7 \xrightarrow{M_2} I_4 \cup I_6 ,$ $M_2 = \langle M_{21}, M_{22}, M_{23} \rangle$
$F_{21}$	$F_{21} : TZ \cup I_3 \cup I_{44} \cup I_{45} \xrightarrow{M_{21}} I_{41}$

1	2
$F_{22}$	$F_{22} : TZ \cup I_{41} \cup I_3 \cup I_{45} \xrightarrow{M_{22}} I_{42} \cup I_{44}$
$F_{23}$	$F_{23} : TZ \cup I_{41} \cup I_{42} \xrightarrow{M_{23}} I_{43} \cup I_{45}$
$F_3, F_3 = \langle F_{31}, F_{32}, F_{33} \rangle$	$F_3 : TZ \cup I_3 \cup I_4 \xrightarrow{M_3} I_5 \cup I_7,$ $M_3 = \langle M_{31}, M_{32}, M_{33} \rangle$
$F_{31}$	$F_{31} : TZ \cup I_{32} \cup I_{53} \cup I_{54} \xrightarrow{M_{31}} I_{51}$
$F_{32}$	$F_{32} : TZ \cup I_{32} \cup I_4 \cup I_{51} \cup I_{54} \xrightarrow{M_{32}} I_{52} \cup I_{53}$
$F_{33}$	$F_{33} : I_{52} \xrightarrow{M_{33}} I_{55} \cup I_{54}$

### Заключение

Дано описание процедурной модели проектирования гальванических линий. Для каждой стадии определены входные, управляющие и выходные информационные потоки, включая обратные связи. Модель предназначена для разработки интеллектуальной системы автоматизированного проектирования, в которой последовательность этапов проектирования и необходимость возврата на предыдущие этапы определяется автоматически или с минимальным участием человека.

Дальнейшее развитие процедурной модели предполагает разработку информационных моделей каждой стадии проектирования, позволяющих преобразовать входной информационный поток стадии в выходной.

### Список литературы

1. Кафаров, В. В. Проектирование и расчет оптимальных систем технологических трубопроводов / В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин. – М. : Химия, 1991. – 368 с.
2. Автоматизированное создание технологических схем для химико-фармацевтической промышленности / А. В. Матасов, С. Э. Батин, А. И. Козлов, В. А. Мозгунов, Н. В. Меншутина // Информационные ресурсы России. – 2010. – № 4. – С. 14 – 17.
3. Батин, С. Э. Алгоритм подбора оборудования для технологических схем производства твердых лекарственных препаратов / С. Э. Батин, А. В. Матасов // Успехи в химии и химической технологии. – 2010. – Т. 24, № 1 (106). – С. 8 – 10.
4. Карпушкин, С. В. Выбор основной аппаратуры для оснащения технологических систем многоассортиментных химических производств / С. В. Карпушкин, В. И. Зацепина, Е. П. Зацепин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 552 – 557.
5. Borisenko, A. V. Hierarchy of Processing Equipment Configuration Design Problems for Multiproduct Chemical Plants / A. V. Borisenko, S. V. Karpushkin // Journal of Computer and Systems Sciences International. – May 2014. – Vol. 53, Is. 3. – P. 410 – 419. doi: 10.1134/S1064230714030046
6. Mokeddem, D. Optimal Solutions of Multiproduct Batch Chemical Process Using Multiobjective Genetic Algorithm with Expert Decision System / D. Mokeddem, A. Khellaf // Journal of Automated Methods and Management in Chemistry. – 2009. – Vol. 2009(1). – P. 927426. doi: 10.1155/2009/927426

7. Егоров, С. Я. Автоматизированный выбор, размещение и визуализация трубопроводной арматуры химических производств / С. Я. Егоров, С. Ю. Бойков, К. В. Немтинов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 457 – 461.

8. Egorov, A. F. The Current State of Analysis, Synthesis, and Optimal Functioning of Multiproduct Digital Chemical Plants: Analytical Review / A. F. Egorov, T. V. Savitskaya, P. G. Mikhailova // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 55, No. 2. – P. 225 – 252. doi: 10.1134/S0040579521010061

9. Аносова, О. И. Проектирование гальванических линий с использованием информационных технологий / О. И. Аносова, К. В. Немтинов, А. А. Родина, В. А. Немтинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 7-3 (18-3). – С. 310 – 313.

10. Разработка конструкции установки химического никелирования, функционирующей в составе гальванической линии / А. Б. Борисенко, В. В. Храпцов, В. А. Немтинов, А. В. Крылов, М. А. Матрохин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 275 – 284. doi: 10.17277/vestnik.2021.02.pp.275-284

11. Пчелинцева, И. Ю. Система автоматизированного управления процессом нанесения гальванического покрытия в ванне с токонепроводящим экраном / И. Ю. Пчелинцева, Ю. В. Литовка // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2022. – Т. 23, № 4. – С. 188 – 196. doi : 10.17587/mau.23.188-196

12. Пчелинцева, И. Ю. Математическая модель и численная схема расчета электрических полей в гальванических ваннах с плоским токонепроводящим экраном // И. Ю. Пчелинцева, Ю. И. Литовка // Дифференциальные уравнения и процессы управления. – 2021. – № 3. – С. 85 – 97.

---

## System Analysis of the Design Process of Lines for Electrochemical and Chemical Processing of Parts

S. A. Sannikov, V. G. Mokrozub, M. S. Kalistratov

*Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering,  
mokrozubv@yandex.ru, TSTU, Tambov, Russia*

**Keywords:** computer-aided design; lines for galvanic processing of parts; procedural model; functional diagram.

**Abstract:** The paper describes a procedural model for designing galvanic lines, which includes the following design stages: identification of the types, number and dimensions of baths at each stage of the technological process; arrangement of devices and piping routing; development of the design of a separate bath. For each stage, input, control and output information flows, including feedbacks, are defined. The model is designed to create intelligent computer-aided design systems.

### References

1. Kafarov V.V., Meshalkin V.P. *Proyektirovaniye i raschet optimal'nykh sistem tekhnologicheskikh truboprovodov* [Design and calculation of optimal systems of technological pipelines], Moscow: Khimiya, 1991, 368 p. (In Russ.).

2. Matasov A.V., Batin S.E., Kozlov A.I., Mozgunov V.A., Men'shutina N.V. [Automated creation of technological schemes for the chemical and pharmaceutical industry], *Informatsionnyye resursy Rossii* [Information Resources of Russia], 2010, no. 4, pp. 14-17. (In Russ., abstract in Eng.).
3. Batin S.E., Matasov A.V. [Equipment selection algorithm for technological schemes for the production of solid drugs], *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Advances in chemistry and chemical technology], 2010, vol. 24, no. 1(106), pp. 8-10. (In Russ., abstract in Eng.).
4. Karpushkin S.V., Zatssepina V.I., Zatssepina Ye.P. [Choice of the main equipment for equipping technological systems of multi-assortment chemical productions], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2012, vol. 18, no. 3, pp. 552-557. (In Russ., abstract in Eng.).
5. Borisenko A.B., Karpushkin S.V. Hierarchy of Processing Equipment Configuration Design Problems for Multiproduct Chemical Plants, *Journal of Computer and Systems Sciences International*, May 2014, vol. 53, Is. 3, pp. 410-419. doi: 10.1134/S1064230714030046
6. Mokeddem D., Khellaf A. Optimal Solutions of Multiproduct Batch Chemical Process Using Multiobjective Genetic Algorithm with Expert Decision System, *Journal of Automated Methods and Management in Chemistry*, 2009, vol. 2009, art. ID 927426, 9 p. doi: 10.1155/2009/927426
7. Egorov S.Ya., Boikov S.Yu., Nemtinov K.V. [Automated selection, placement and visualization of pipeline fittings for chemical production], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 457-461. (In Russ., abstract in Eng.).
8. Egorov A.F., Savitskaya T.V., Mikhailova P.G. The Current State of Analysis, Synthesis, and Optimal Functioning of Multiproduct Digital Chemical Plants: Analytical Review, *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2021, vol. 55, no. 2, pp. 225-252. doi: 10.1134/S0040579521010061
9. Anosova O.I., Nemtinov K.V., Rodina A.A., Nemtinov V.A. Design of galvanic lines using information technologies, *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2015, vol. 3, no. 7-3 (18-3), pp. 310-313. (In Russ.).
10. Borisenko A.B., Khramtsov V.V., Nemtinov V.A., Krylov A.V., Matrokhin M.A. [Development of the design of a chemical nickel plating plant operating as part of a galvanizing line], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2021, vol. 27, no. 2, pp. 275-284. doi: 10.17277/vestnik.2021.02.pp.275-284 (In Russ., abstract in Eng.).
11. Pchelintseva I.Yu., Litovka Yu.V. [Automated control system for the process of electroplating in a bath with a non-conductive of electric current screen], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye* [Mechatronics, automation, control], 2022, vol. 23, no. 4, pp. 188-196. doi:10.17587/mau.23.188-196 (In Russ., abstract in Eng.).
12. Pchelintseva I.Yu., Litovka Yu.V. [Mathematical model and numerical scheme for calculating electric fields in galvanic baths with a flat non-conductive screen], *Differentsial'nyye uravneniya i protsessy upravleniya* [Differential equations and control processes], 2021, no. 3, pp. 85-97. (In Russ., abstract in Eng.).

---

### **Systemanalyse des Linienentwurfsprozesses für die elektrochemische und chemische Bearbeitung von Teilen**

**Zusammenfassung:** Es ist ein Verfahrensmodell für die Planung von Galvanikanlagen beschrieben, das folgende Planungsphasen umfasst: Bestimmung der Art, Anzahl und Abmessungen von Bädern in jeder Phase des technologischen

Prozesses; Geräteanordnung und Leitungsführung; Entwicklung des Designs eines einzelnen Bades. Für jede Stufe sind Eingangs-, Steuer- und Ausgangsinformationsflüsse einschließlich Rückmeldungen definiert. Das Modell ist entwickelt, um intelligente computergestützte Konstruktionssysteme zu erstellen.

---

### **Analyse systématique du processus de conception de lignes pour l'usinage électrochimique et chimique des pièces**

**Résumé:** Est donnée la description du modèle procédural de la conception des lignes galvaniques, qui comprend les étapes de la conception suivantes: détermination du type, du nombre et de la taille des baignoires à chaque étape du processus technologique; disposition des appareils et du traçage des canalisations; élaboration de la conception d'un bain. Pour chaque étape sont définis les flux d'informations d'entrée, de contrôle et de sortie, y compris les retours. Est conçu le modèle pour créer des systèmes intelligents de la conception assistée par ordinateur.

---

**Авторы:** *Санников Сергей Анатольевич* – аспирант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; *Мокрозуб Владимир Григорьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; *Калистратов Максим Сергеевич* – магистрант; ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.

---