

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЛИНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**О. И. Аносова, А. А. Родина, К. В. Немтинов, В. А. Немтинов**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор С. В. Карпушкин*

**Ключевые слова:** виртуальные модели; информационно-логические модели; поддержка принятия решения; производственные модели; проектирование гальванических ванн.

**Аннотация:** Представлена технология автоматизированного проектирования гальванических линий, включающая: формирование вариантов структурной схемы комплекса и выбора оптимальной схемы с позиций множества критериев; формирование множества вариантов типовых элементов и оптимального выбора элемента, удовлетворяющего их эксплуатационным показателям; конструкторскую разработку оригинальных узлов и механизмов.

### **Введение**

В последние десятилетия гальванохимическая обработка являлась и на ближайшую перспективу будет являться одним из самых распространенных способов придания поверхности защитных, защитно-декоративных и специальных (паяемость, износостойкость, отражательная способность и др.) свойств.

В области нанесения электрохимических, химических и анодизационных покрытий наметилась устойчивая тенденция по разработке и внедрению малоотходных, бессточных и высокопроизводительных комплексных автоматических линий гальванопокрытий и технологий, обеспечивающих частичное или полное улавливание токсичных компонентов и возврат их в производство.

Реализация этого направления значительно усложняется в условиях многономенклатурного и мелкосерийного гальванического производства, характерного для более 70 % предприятий приборо- и машиностроения

---

Аносова Ольга Ивановна – магистрант; Родина Антонина Александровна – старший преподаватель кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; Немтинов Кирилл Владимирович – младший научный сотрудник, аспирант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; Немтинов Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

России. Проблема усугубляется относительно высокой стоимостью производственной площади, повышенными требованиями к концентрации вредных выделений гальванических ванн в атмосфере цеха и т.д. В условиях функционирования автоматических линий гальванопокрытий, в том числе и многопроцессорных, пути решения этой задачи, по данным открытых отечественных и зарубежных публикаций, практически не рассматривались, поэтому было необходимо проведение углубленных исследований.

Весьма актуальными и своевременными становятся вопросы, связанные с разработкой принципов и методов построения, конструктивно-компоновочных и технологических решений, математического описания систем управления и процессов функционирования ресурсосберегающего, малоэнергоемкого и высокопроизводительного гальванического оборудования, обеспечивающего экологически безопасную гальванохимическую обработку деталей различной группы сложности, и максимальную степень рекуперации обрабатывающей среды в автоматическом режиме при минимальных затратах времени и средств. В настоящее время решение этих и других задач практически невозможно выполнить без использования современных информационных технологий [1, 2].

Анализ литературных источников, связанных с технологией проектирования гальванических линий (технологических комплексов) [3, 4], показал, что в большей степени в них основное внимание уделяется вопросам конструкторской разработки отдельных узлов, и меньшей степени – выбору наиболее подходящей структурной схемы комплекса для конкретных исходных данных: производительность, назначение обработки, вид обработки, внутренние размеры ванны и критериев, заданных потребителем. Целью данной работы является разработка процедуры автоматизированного проектирования гальванических линий на примере технологического комплекса для цинкования стальных деталей в зависимости от вышеперечисленных требований. В качестве ее прототипа использованы результаты работы [5].

### **Задача автоматизированного проектирования гальванической линии**

В целом задача автоматизированного проектирования гальванической линии для множества конкретных исходных данных: производительности, времени операций, внутренних размеров ванн, видов и назначения обработки, и критериев, заданных потребителем, предусматривает: разработку структурной схемы узлов и механизмов, выбор типовых элементов, их компоновку, а также конструкторскую разработку оригинальных узлов и механизмов.

При такой постановке решение невозможно получить в связи с высокой размерностью пространства переменных для гальванической линии, сложностью построения математических моделей поддержки принятия решений, конструкторских особенностей отдельных элементов комплекса и т.д. Поэтому технология проектирования гальванической линии состоит из последовательного рассмотрения трех подзадач меньшей размерности, имеющих, кроме того, самостоятельное значение в процессе проектирования:

- формирование вариантов структурной схемы комплекса и выбора оптимальной схемы с позиций множества критериев;

- формирование множества вариантов типовых элементов и оптимального выбора элемента, удовлетворяющего их потребительско-эксплуатационным показателям;

- конструкторской разработки оригинальных узлов и механизмов.

В случае отсутствия решения на следующем этапе проектирования комплекса лицо, принимающее решение, выбирает другой вариант решения задачи предыдущего этапа.

Задача выбора структурной схемы узлов линии из множества вариантов на основании математических критериев оптимальности решается, как правило, редко вследствие сложности накладываемых на комплекс условий, а также большого множества критериев оценки. Наиболее прогрессивным методом решения этой задачи является применение экспертных систем [6, 7].

Используя опыт, накопленный при проектировании гальванических линий в виде базы данных, и задавая цель – например, высокое качество оцинкованных деталей, при помощи механизма принятия решения можно найти совокупность узлов комплекса, обеспечивающих достижение этой цели. В базе собраны правила, эмпирические знания и общие данные, которыми обладают специалисты.

В настоящее время база содержит более 50 производственных правил, с помощью которых может быть сформирована оптимальная структурная схема гальванической линии для конкретных исходных данных.

Однорядная прямолинейная автооператорная линия выгодна при экономично занимаемой площади и малотоннажном производстве. Двухрядная прямолинейная автооператорная линия применяется при недостаточной длине производственных помещений, а двухрядная овальная – используется только для подвесных и консольных автооператоров [3, 4].

Выбор ванн определяется типоразмерами, согласно заданных габаритов обрабатываемых деталей:

- по длине: 1120, 1600, 2240;
- ширине: 630, 800, 1000, 1120;
- высоте: 900, 1000, 1250, 1600.

Внутреннее оборудование предусмотрено для каждой из технологических стадий. В промывочных ваннах необходимо наличие:

- для холодной промывки: барботера, трубы наливной;
- горячей промывки: нагревателя, электронагревателя, трубы наливной;
- электрозимических ванн: устройства очистки зеркала, блока электронагревателя, медных шин (анализаторов), устройств очистки зеркала.

Время нахождения обрабатываемых деталей, типа электролизаторов определяются технологическим заданием.

Комбинируя несколько вариантов структурных схем конструкций узлов линии, обладающих разной эффективностью, формируют целостную конструкцию линии. Поскольку размерность множества комбинаций не превышает  $10^3$ , учитывая быстроедействие современных персональных компьютеров, решение сводится к последовательному перебору всех возможных комбинаций схем.

Следующим этапом процедуры автоматизированного проектирования гальванической линии является выбор типовых узлов и механизмов, выпускаемых промышленностью и их предварительное распределение в общей конструкции. Большинство элементов гальванических линий имеет стандартизованный типоразмер (например, ванны, автооператоры, металлоконструкции, площадки обслуживания, ванночное оборудование). Барабанные, колокольные ванны изготавливаются по индивидуальному заказу.

Вследствие значительного количества критериев оценки (более 10 – 15, например, ремонтпригодность, простота в обслуживании, высокий КПД и т.п.), которые могут быть использованы конструктором при выборе детали или узла, выбрана процедурная модель их автоматизированного выбора, характеризующаяся наилучшими заданными потребительскими показателями для каждого конкретного случая [8].

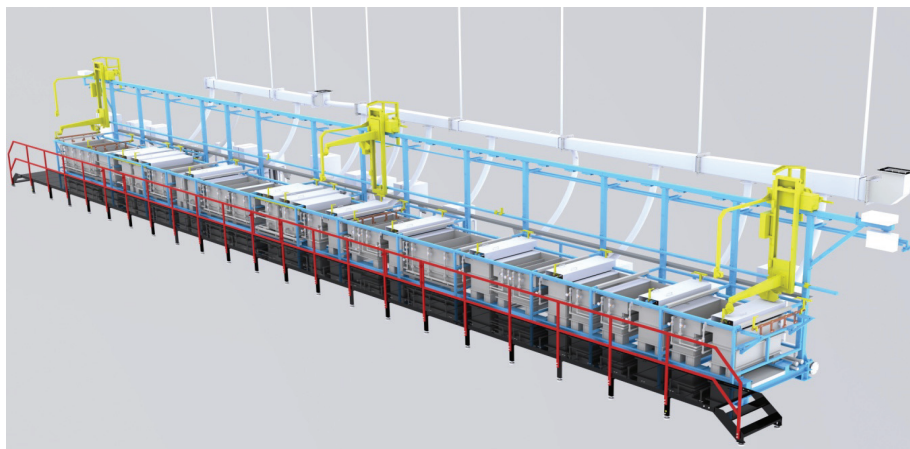
Завершающим этапом процедуры автоматизированного проектирования гальванической линии является конструкционная разработка оригинальных узлов и механизмов, окончательная компоновка всей линии, а также создание конструкторской документации (чертежей, эскизов, расчетов и т.д.).

#### **Пример решения задачи проектирования гальванической линии.**

Апробация процедуры автоматизированного проектирования гальванической линии осуществлена при проектировании линии для цинкования стальных деталей.

На рисунке 1, *а* представлен 3D-вид модели гальванической линии для цинкования стальных деталей, рис. 1, *б*, *в* – модели ее отдельных узлов.

Среди достоинств разработанной конструкции линии следует отметить: уменьшение времени на разработку технологической схемы, выбор ванн универсальных размеров, подбор правильного сопутствующего оборудования в короткие сроки и т.д.

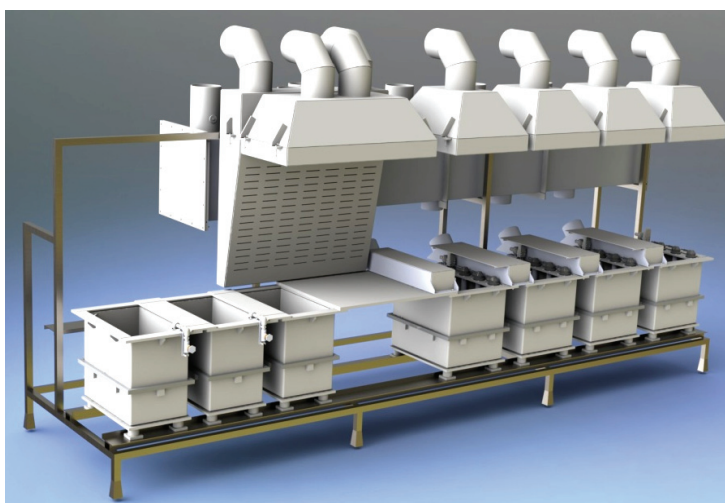


*а)*

**Рис. 1. 3D-вид модели гальванической линии для цинкования стальных деталей (*а*) и модели ее отдельных узлов: автооператора (*б*); комплекта ванн ручного обслуживания (*в*)**



б)



в)

**Рис. 1. Продолжение**

Предложенная в настоящей работе процедура автоматизированного проектирования гальванических линий с использованием теории построения экспертных систем позволяет в условиях большого разнообразия выбрать оптимальный вариант совокупности узлов и механизмов линии для заданных обрабатываемых деталей, технологического процесса

и критериев, заданных потребителем, а также реализовать его конструкторское решение. Данная задача проектирования использована при создании виртуальной модели учебно-материальных ресурсов ТГТУ [9].

#### *Список литературы*

1. Мокрозуб, В. Г. Интеллектуальная автоматизированная информационная система проектирования химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. Е. Красильников, М. П. Мариновская // Системы упр. и информ. технологии. – 2007. – Т. 30, № 4.2. – С. 264 – 267.
2. Мокрозуб, В. Г. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования / В. Г. Мокрозуб, М. П. Мариновская, В. Е. Красильников // Системы упр. и информ. технологии. – 2007. – Т. 27, № 1.2. – С. 259 – 262.
3. Алексеев, А. Н. Повышение эффективности технологических операций и функционирования оборудования гальванохимической обработки в условиях автоматизированного гальванического производства / А. Н. Алексеев. М. : Изд-во журн. «Новые пром. технологии» Минатома РФ, 1997. – 189 с.
4. Александров, В. М. Оборудование цехов электрохимических покрытий / В. М. Александров, Б. В. Антонов, Б. И Гендлер. – Л. : Машиностроение, 1987. – 309 с.
5. Немтинов, К. В. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К Ерусланов, В. А. Немтинов // Информ. технологии в проектировании и пр-ве. – 2014. – № 1. – С. 72 – 83.
6. База данных стандартных и типовых элементов технических объектов / В. Г. Мокрозуб [и др.] // Радиотехника. – 2010. – № 12. – С. 29 – 32.
7. Мокрозуб, В. Г. Таксономия в базе данных стандартных элементов технических объектов / В. Г. Мокрозуб // Информ. технологии. – 2009. – № 11. – С. 18 – 22.
8. Немтинов, К. В. Автоматизация процесса выбора узла сельскохозяйственной техники / К. В. Немтинов, А. Н. Зазуля, А. К Ерусланов // Вестн. компьютерных и информ. технологий. – 2014. – № 10. – С. 9 – 15.
9. Разработка прототипа виртуальной модели учебно-материальных ресурсов университета химико-технологического профиля / В. А. Немтинов [и др.] // Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 3 (47). – С. 321 – 330.

#### *References*

1. Mokrozub V.G., Krasil'nikov V.E., Marikovskaya M.P. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii*, 2007, vol. 30, no. 4.2, pp. 264-267.
2. Mokrozub V.G., Marikovskaya M.P., Krasil'nikov V.E. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii*, 2007, vol. 27, no. 1.2, pp. 259-262.
3. Alekseev A.N. *Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskikh operatsii i funktsionirovaniya oborudovaniya gal'vanokhimicheskoi obrabotki v usloviyakh avtomatizirovannogo gal'vanicheskogo proizvodstva* (Improving the efficiency of manufacturing operations and the operation of the equipment galvanic chemical treatment in the conditions of automated electroplating), Moscow.: Izdatel'stvo zhurnala "Novye promyshlennye tekhnologii" Minatoma RF, 1997, 189 p.
4. Aleksandrov V.M., Antonov B.V., Gendler B.I. *Oborudovanie tsekhov elektrokhimicheskikh pokrytii* (Hardware shops electrochemical coatings), Leningrad: Mashinostroenie, 1987, 309 p.

5. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Nemtinov V.A. *Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve*, 2014, no. 1, pp. 72-83.
  6. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Morozov S.V., Konovalova A.S. *Radiotekhnika*, 2010, no. 12, pp. 29-32.
  7. Mokrozub V.G. *Informacionnye Tehnologii*, 2009, no. 11, pp. 18-22.
  8. Nemtinov K.V., Zazulya A.N., Eruslanov A.K. *Herald of computer and information technologies*, 2014, no. 10, pp. 9-15.
  9. Nemtinov V.A., Yukhanov V.V., Malygin E.N., Karpushkin S.V., Egorov S.Ya., Mokrozub V.G., Borisenko A.B., Nemtinova Yu.V. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*, 2013, no. 3 (47), pp. 321-330.
- 

## **Design of Plating Lines Using Information Technologies**

**O. I. Anosova, A. A. Rodina, K. V. Nemtinov, V. A. Nemtinov**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Keywords:** decision-making support; design of electroplating baths; information and logical models; production models; virtual models.

**Abstract:** In this article, we describe the technology of automated design for plating lines, including the following stages: forming a block diagram of system's structural variants and choosing the best option from the standpoint of the set criteria; forming a set of options for model's elements and making an optimal choice of variants in order to meet their performance indicators; designing original components and mechanisms.

The choice of an assembly variant depends on the size of production department, and the direction of products flow processing.

The final stage of automated design of galvanic lines includes structural development of original components and mechanisms, final layout of the line, and completion of design documentation (drawings, sketches, calculations, etc.).

Approbation of an automated design procedure for galvanic lines is made at the design of plating lines for zinc plating of steel parts. We provide an example of model's visualization for the designed plating line showing each single node and its elements.

The advantages of the developed lines include a decrease in the time for development of the technological scheme, the use of a universal bath sizes, an appropriate choice of related equipment in a short time, etc.

The procedure proposed by the authors is also used for creating a virtual model of teaching and material resources of a technical university.

---

© О. И. Аносова, А. А. Родина,  
К. В. Немтинов, В. А. Немтинов, 2015