

УДК 621.365.5

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ С ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ ДЕТАЛЕЙ  
ДЛЯ СБОРКИ И РАЗБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ**

©Резниченко Н. К.

*Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про автора:**

**Резниченко Микола Кирилович:** ORCID: 0000-0002-6989-0270; rezlynik@ukr.net; доктор технічних наук; завідувач кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

В статье рассмотрены вопросы создания эффективных технологий и технологического оборудования сборки и разборки прессовых (неподвижных) соединений с использованием индукционного нагрева деталей токами промышленной частоты.

Показано, что решение проблемы возможно при совместном проектировании конструкции нагревательного устройства и технологического оборудования.

Предложена классификационная схема индукционно-нагревательного оборудования для механосборочного производства, а также структурная схема технологической системы.

Определены основные направления и совершенствования оборудования индукционного нагрева под сборку и разборку соединений.

**Ключевые слова:** индукционный нагрев; сборка; разборка; соединение; оборудование; эффективность.

**Резниченко М. К.** «Ефективність технологій з індукційним нагріванням деталей для збирання і розбирання з'єднань».

У статті розглянуті питання створення ефективних технологій і технологічного обладнання збирання та розбирання пресових (нерухомих) з'єднань з використанням індукційного нагріву деталей струмами промислової частоти.

Показано, що вирішення проблеми можливе при спільному проектуванні конструкції нагрівального пристрою і технологічного обладнання.

Запропоновано класифікаційну схему індукційно-нагрівального обладнання для механоскладального виробництва, а також структурна схема технологічної системи.

Визначено основні напрямки та вдосконалення обладнання індукційного нагріву під складання та розбирання з'єднань.

**Ключові слова:** індукційний нагрів; складання; розбирання; з'єднання; обладнання; ефективність.

**Reznichenko M.** “Efficiency of technologies with induction heating of parts for assembly and disassembly of connections”.

In the article the questions of creation of effective technologies and technological equipment

## **Технологія машинобудування**

---

of assembly and disassembly of press (fixed) connections with the use of induction heating of parts by industrial frequency currents are considered.

It is shown that the solution of the problem is possible if the design of the heating device and technological equipment is jointly designed.

A classification scheme for induction heating equipment for mechanical assembly production is proposed, as well as a structural diagram of the structural technological system.

The main directions and improvements of induction heating equipment for assembly and disassembly of connections have been determined.

**Key words:** induction heating; assembly; disassembly; connection; equipment; efficiency.

### **1. Введение**

Выбор технологий сборки и разборки деталей сборочных единиц с натягом осуществляется сравнением как технических, так и экономических показателей. В качестве экономической характеристики по ценовому признаку в сфере производства принимается технологическая себестоимость. На стадии проектирования технологии выбирается оптимальное соотношение всех параметров, влияющих на показатель технологичности операции сборки или разборки, которое дает минимальное значение технологической себестоимости. Для конкретных производственных условий может существовать несколько близких значений проектной технологической себестоимости, рассчитанных с определенной точностью. И тогда решение о выборе технологии следует принимать, исходя из производительности, энергопотребления, качества или других показателей.

При выборе технологии, в которой используется индукционный нагрев, в общем случае операции сборки или разборки реализуются с использованием такого технологического оборудования как ИНУ и транспортное средство. Кроме того, применяется технологическая оснастка в виде сборочного оборудования или устройств для посадки или съема деталей.

### **2. Постановка проблемы**

Несмотря на то, что в машиностроении, как правило, электротермические установки являются энергосберегающими, они продолжают оставаться крупными потребителями энергии, и задача снижения энергопотребления является актуальной.

Поэтому решать проблему разборки соединений с использованием индукционного нагрева, как и при сборке, следует в первую очередь в технологическом аспекте. При этом следует по возможности использовать подходы, которые эффективны для сборки. Это позволит внести в, определенной степени, общий порядок в теоретических разработках.

### **3. Основной материал и результаты**

Одной из причин отсутствия удовлетворительных методик расчета основных параметров процесса индукционно-тепловой разборки различных соединений, в том числе, сложных, является отсутствие классификации соединений по сложности разборки, программных средств по проектированию процессов и технологического индукционного оборудования. Представляется, что целесообразным является проектирование на основе групповых ТП. Ввиду глубокой взаимосвязи конструкции соединения с параметрами технологии (например, от величины натяга и массы деталей зависит температурный режим разборки), наилучшим вариантом является совместное проектирование технологии и конструкции нагревательного устройства.

Анализ имеющихся и выполненных технических разработок в области индукционного оборудования для технологических операций при сборке и разборке соединений с натягом, позволил предложить классификацию, схема которой изображена на рис. 1.

По признаку «область применения» под видом производства понимается серийность выпуска изделий, вид работ – сборка или разборка, тип соединений и тип нагреваемых деталей. По признаку «сложность структуры» комплекс это – техническая система для сборки или разборки соединений со встроенным нагревателем. По признаку «гибкость» под технологической гибкостью понимается широта номенклатуры изделий, подлежащих обработке на данном оборудовании, а под параметрической гибкостью – качество изменяемых параметров оборудования (величина мощности нагрева, распределения мощности,  $\cos \varphi$  и др.). по признаку «тип системы управления» оптимальное управление по критериальному алгоритму это – управление по предельным значениям критериальных параметров (температура, градиент температур и т.д.).

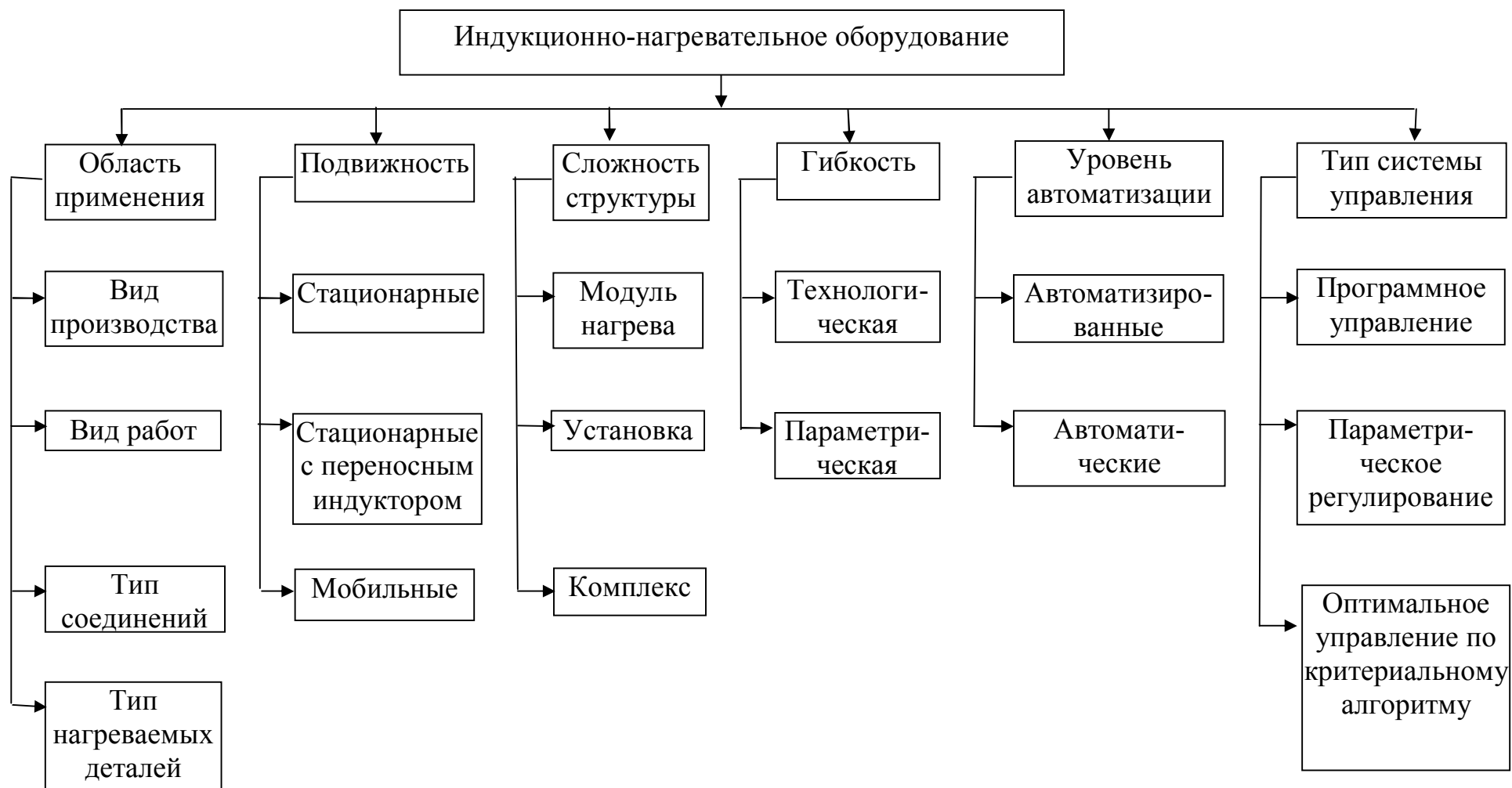
Выполненные технологические и опытно-конструкторские разработки по созданию оборудования для индукционного нагрева, сборки и разборки сборочных единиц с соединениями с натягом, позволяют дать следующие рекомендации по созданию технологических систем такого назначения.

В зависимости от положения оси в сборочном или разборочном оборудовании изделия, ТС может быть вертикального или горизонтального исполнения. Преимущества ТС вертикального исполнения- меньшая занимаемая площадь и использование силы гравитации для выполнения собственно процесса сборки или разборки. ТС горизонтального исполнения следует создавать, если изделие имеет большую длину или охватываемые детали менее массивные, чем охватываемые. Оборудование должно быть построено по модульному принципу. Для систем с большой универсальностью это, обязательно, поскольку индуктор у них обычно сменный.

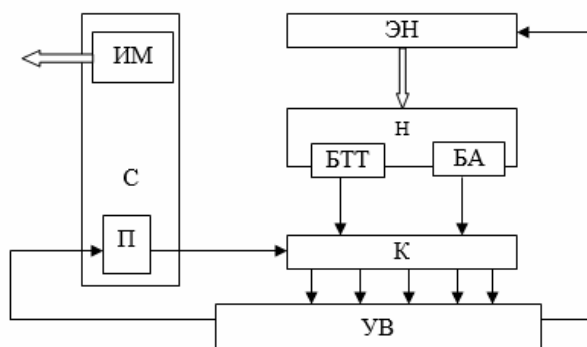
В общем случае набор модулей ТС должен быть следующим: модуль нагрева; модуль управления; модуль контроля; энергетический модуль и силовой модуль, состоящий из двух блоков-привода и исполнительного механизма силового модуля. ТС имеет рамную конструкцию для размещения всех остальных модулей и привода силового модуля.

На рис.2 приведена принципиальная структурная схема такой ТС, построенной по модульному принципу. На ней жирными стрелками показаны энергетические потоки, а тонкими-информационные. П и ИМ это- привод и исполнительный механизм силового блока С. Энергетический поток от ИМ – это силовое воздействие на элемент изделия.

Модуль нагрева (Н) – это постоянный или заменяемый индуктор со сменяемой или универсальной магнитопроводящей системой. Он сопрягается с энергетическим модулем (ЭН), который при необходимости решает задачу регулирования мощности и обеспечивает высокий. Модуль контроля (К) в простейшем случае состоит из блока контроля времени нагрева, который отключает индуктор после выполнения операции. Если ТС предназначен для работы с ответственными изделиями, то модуль контроля должен иметь не только блок контроля времени, но и блоки контроля других параметров процесса (например, усилия сборки или разборки), или параметров элементов изделия (например, натяга, массы). Работает он с измерительными блоками модуля Н, например блоком измерения температуры (БТ) и блоком измерения силы тока (БА). Модуль К, естественно, связан с модулем управления (УВ). Модуль управления выполняется по одной из ранее предложенных (жесткой или гибкой) схем. Он может иметь блок памяти, в котором находится консервативная информация о режимах нагрева, сборки или разборки, и блок оперативной информации и решающий блок.



**Рис. 1** – Схема классификации индукционно-нагревательного оборудования для механосборочного производства



**Рис. 2** – Структурная схема ТС изделий

По представлениям автора могут быть следующие типы модульных ТС:

- 1) наиболее сложный – горизонтального исполнения с полным набором модулей;
- 2) средней сложности – вертикального исполнения без силового модуля;
- 3) простейший – без силового и контрольного модуля, вертикального исполнения.

Последний тип ТС имеет только реле времени, настроенное на отключение энергетического блока по максимальному времени сборки или разборки.

### Выводы

Эффективность технологий всегда зависит от качественных показателей оборудования их реализующего, а для технологий с использованием термовоздействия эта зависимость особенно сильна. Проанализировав имеющиеся исследования в области индукционного оборудования и имеющиеся типы оборудования для определения возможности и эффективности применения в процессах разборки соединений нельзя не заметить то, что в качестве основных направлений развития техники для индукционного нагрева деталей под сборку и разборку соединений с натягом можно рекомендовать следующие:

- универсализация по типам изделий за счет управления распределением мощности нагрева в пространстве;
- снижение энергопотребления путем уменьшения полей рассеивания электромагнитной энергии за счет оптимизации конструкции индуктора;
- повышение  $\cos\varphi$  до 1 за счет использования управляемых компенсационных систем.

### Список использованных источников

1. Захаров М. В. Механізація складальних робіт в атомному енергетичному машинобудуванні: перспективи розвитку / М. В. Захаров // *Машинознавство*. – 2001. – № 9. – С. 21-27.
2. Захаров М. В. Разработка технологических процессов сборки / М. В. Захаров, Ю. В. Тимофеев. – Киев : НМКВО, 1992. – 149 с.
3. Захаров М. В. Конструкторско-технологическая классификация сборочных единиц / М. В. Захаров, В. П. Яременко // *Вестник Сумского национального аграрного университета*. – 2001. – № 7. – С. 86-92.
4. Зенкин А. С. Сборка неподвижных соединений термическим методом / А. С. Зенкин, Б. М. Арпентьев. – М. : Машиностроение, 1987. – 128 с.
5. Коваленко И. В. Качество технических систем для технологического индукционного нагрева / И. В. Коваленко, Ю. И. Созонов, Р. М. Триш // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2003. – № 5. – С. 81-83.
6. Конопляченко Е. В. Рациональная организация сборочных процессов во времени / Е. В. Конопляченко // *Вестник ХГПУ*. – 1999. – № 60. – С. 113-119.
7. Лагода А. Н. Индукторы для нагріву деталей під складання і розбирання в механоскладальному виробництві та їх класифікація / А. Н. Лагода, Н. К. Резниченко // *Вісник Сумського національного аграрного університету*. – 2006. – № 9(15). – С. 148-154.
8. Определение эффективности сборочных процессов на основе параметров технологичности конструкций изделий / И. И. Ламин, Н. В. Соловьева, Б. С. Яров, Н. Е. Межов // *Вестник машиностроения*. – 1991. – № 9. – С. 32-34.

### References

1. Zakharov, M 2001, 'Mekhanizatsiia skladalnykh robot v atomnomu enerhetychnomu mashynobuduvanni: perspektvy rozvytku', *Mashynoznavstvo*, no. 9, pp. 21-27.
2. Zakharov, M & Timofeev, Yu 1992, *Razrabotka tekhnologicheskikh protsessov sborki*, NМКВО, Kyiv.
3. Zakharov, M & Yaremenko, V 2001, 'Konstruktorsko-tekhnologicheskaya klassifikatsiya sborochnykh edynits', *Vestnik Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universiteta*, no. 7, pp. 86-92.
4. Zenkin, A & Arpenteyev, B 1987, *Sborka nepodviznykh soyedineniy termicheskim metodom*, Mashinostroyeniye, Moskva.
5. Kovalenko, I, Sozonov, Yu & Trishch, R 2003, 'Kachestvo tekhnicheskikh sistem dlya tekhnologicheskogo induktsionnogo nagrevaya', *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*, no. 5, pp. 81-83.
6. Konoplyanchenko, E 1999, 'Ratsionalnaya organizatsiya sborochnykh protsessov vo vremeni', *Vestnik KhGPU*, no. 60, pp. 113-119.
7. Lahoda, A & Reznichenko, M 2006, 'Induktory dlia nahrivu detalei pid skladannia i rozbyrannia v mekhanoskladalnomu vyrobnytstvi ta yikh klasyfikatsiia', *Visnyk Sumskoho natsionalnogo ahvramnoho universytetu*, no. 9(15), pp. 148-154.
8. Lamin, I, Solovyeva, N, Yarov, B & Mezhev, N 1991, 'Opredeleniye effektivnosti sborochnykh protsessov na osnove parametrov tekhnologichnosti konstruktсий izdeliy', *Vestnik mashinostroyeniya*, no. 9, pp. 32-34.

Стаття надійшла до редакції 2 листопада 2017 р.