

## АНАЛИЗ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

М.Ю. Лившиц, А.С. Романова, М.Б. Микушин, А.Ю. Воеводин

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

**Обоснование.** Рассмотрены проблемы энергоэффективности продукции крупного машиностроительного предприятия, связанные с затруднительностью регулирования при централизованном паропотреблении и сезонностью изменения энергопотребления [1]. Проведен анализ потребления энергетических ресурсов типичным крупным машиностроительным предприятием мелкосерийного и единичного типа производства. Выявлены причины нерационального использования энергоресурсов, связанные с невозможностью регулировки режима работы энергооборудования в зависимости от коэффициента загрузки производственных мощностей (гальванических ванн) при централизованном пароснабжении. Установлено, что гальванический комплекс достаточно энергоемок. Повышенные энергозатраты (например, тепловые потери паропровода, простои при энергопотреблении и т.п.) влекут за собой увеличение себестоимости продукции и снижение конкурентоспособности [2, 3].

**Цель** — снижение энергозатрат предприятия и себестоимости продукции.

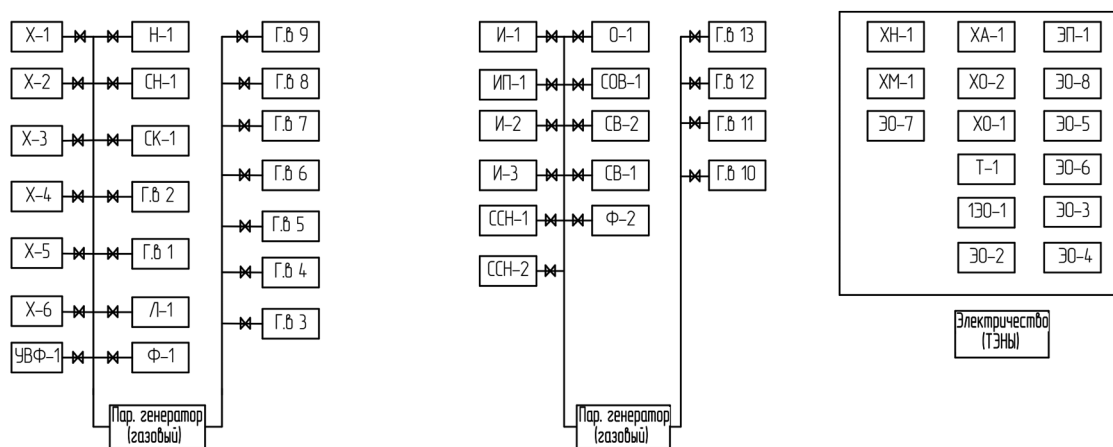
**Методы.** Составлен энергобаланс энергоемкого технологического участка — гальванического комплекса [4, 5], отражающий расчетные тепловые нагрузки при нагреве электролита и поддержании теплового режима в зависимости от времени работы ванн и массы обрабатываемых деталей с учетом особенностей работы технологического оборудования.

Определены наиболее эффективные способы энергообеспечения в зависимости от коэффициента загрузки и используемого топливно-энергетического ресурса (ТЭР) ванн гальванического комплекса [6]. Рассмотрены несколько вариантов схем технологического энергоснабжения в зависимости от коэффициента загрузки оборудования и технической возможности его параллельно-последовательного включения.

Для выбора мощности источника энергоснабжения и режима его работы определены тепловые нагрузки при энергоснабжении гальванических ванн, связанные с выводом на режим и его поддержанием, исходя из времени работы каждой ванны.

Энергетический баланс нагрева электролита (Дж) складывается из количества теплоты, необходимой для разогрева ванн до заданной по технологическим условиям температуры, и количества теплоты для поддержания рабочей температуры ванны, т.е. компенсации тепловых потерь в окружающую среду [7, 8].

$$Q_H = Q_1 + Q_2 = (C_1G_1 + C_2G_2 + C_3G_3) (t_k - t_H) + Q_2. \quad (1)$$



**Рис.** Схема планировки цеха с учетом последовательности гальванических процессов, их температурных параметров, коэффициента загрузки и возможности параллельно-последовательной работы для выравнивания загрузки парогенераторов

**Результаты.** Установлено, что использование альтернативных децентрализованных источников теплоснабжения приводит к повышению энергетической эффективности использования ТЭР, и к снижению затрат на энергообеспечение технологических процессов по сравнению с централизованным пароснабжением. Выявлено, что при организации работы технологического оборудования по параллельно-последовательной схеме (см. рисунок) обеспечивается равномерная эффективная загрузка парогенераторов и высокая энергетическая эффективность гальванического производства. Для энергообеспечения гальванического комплекса предложена комбинированная схема теплоснабжения локальными теплоисточниками от электросети и газовых парогенераторов с учетом наиболее полной их загрузки.

**Таблица.** Потребление ТЭР при альтернативных вариантах теплообеспечения и централизованного пароснабжения

Вариант 2 (с параллельно-последовательным включением оборудования)					
Источник	Потребляемый ТЭР	Единицы измерения	Потребление ТЭР в натуральных единицах	Затраты, тыс. руб	Суммарное потребление ТЭР по вариантам, т.у.т
Парогенератор 1	Газ	тыс. м <sup>3</sup>	204,6	1264,44	–
Парогенератор 2	Газ	тыс. м <sup>3</sup>	78,24	483,49	–
Электрические ТЭНы	Электричество	кВт/ч	1247435,94	4155,45	–
			Итого	5903,38	479,83
Базовый вариант (централизованное пароснабжение)					
Централизованное пароснабжение	Пар	Гкал	106999	151973,66	15300,86

Из таблицы видно, что при организации энергообеспечения по схеме (см. рисунок) потребление энергии уменьшается по сравнению с базовым вариантом. Энергетическая эффективность обуславливается тем, что рассматриваемые варианты теплоснабжения зависят от коэффициента загрузки оборудования и по сравнению с централизованным пароснабжением имеют минимальные тепловые потери.

**Выводы.** Централизованное пароснабжение гальванического мелкосерийного производства неэффективно, так как низкий коэффициент загрузки приводит к нерациональному энергопотреблению. При организации теплоснабжения гальванического производства выявлено, что с учетом коэффициента загрузки наиболее эффективно запитывать ванны с низким коэффициентом (до 5 %) загрузки от гибко управляемых ТЭНов. Остальные ванны — от газовых парогенераторов с учетом параллельно-последовательного их включения для экономичной работы источника теплоснабжения. Установлено, что при децентрализованном теплоснабжении сезонные тепловые потери минимальны, так как при этом теплообеспечение гальванического комплекса не имеет внешних сетей в отличие от централизованного пароснабжения и поэтому наиболее эффективно используются энергоресурсы для обеспечения технологического процесса.

**Ключевые слова:** энергоёмкость; энергоснабжение; тепловой баланс; гальванический комплекс; коэффициент загрузки; топливно-энергетический ресурс; снижение энергозатрат; снижение себестоимости продукции.

### Список литературы

1. Мещерякова Т.С. Анализ энергозатрат промышленных предприятий в современных условиях // НП АВОК. Энергосбережение. 2015. № 4. С. 36–42.
2. Kogan M.V., Mitchenko I.A. Economic risk planning of the industrial enterprises // Eur J Econom Stud. 2012. Vol. 1, No. 1. P. 30–36.
3. Баранчикова С.Г., Дашкова Т.Е., Ершова И.В., и др. Управление машиностроительным предприятием: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2015. 252 с.
4. Lishniskii G.Ya., Kachanova N.P., Raznorovich T.V., Grishin I.A. Electrodeposition of chromium in pulsed current regimes // Protection of Metals. 1990. Vol. 26, No. 1. P. 130–132.
5. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. Москва: Машиностроение, 1979. 296 с.
6. Щепило Л.В. Разработка и исследование энергетических схем предприятий по термической переработке отходов с парогазовым циклом энергопроизводства: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Москва: МГУИЭ, 2005.

7. Плеханов И.Ф. Расчет и конструирование устройств для нанесения гальванических покрытий. Москва: Машиностроение, 1988. 224 с.
8. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для вузов. Москва: Высшая школа, 1959. 560 с.

*Сведения об авторах:*

---

**Алена Сергеевна Романова** — аспирант, инженер, кафедра управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: alyona512@yandex.ru

**Максим Борисович Микушин** — студент, группа 2-ТЭФ-1М, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: mmikushi@mail.ru

**Александр Юрьевич Воеводин** — студент, группа 2-ТЭФ-1М, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: vovodinaleksandr98@mail.ru

**Михаил Юрьевич Лившиц** — научный руководитель, доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: mikhaillivshits@gmail.com