

УТВЕРЖДЕНО
Решением Общего собрания учредителей
Некоммерческого Партнерства «Группа ЭЗ»
Протокол № 02 от « 02 » апреля 2010 г.

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
по обследованию оборудования
промышленных электрохимических процессов

Новосибирск 2010 г.

Настоящая Методика предназначена для проведения энергетических обследований предприятий, в технологии производства которых используются электрохимические процессы. К промышленным электрохимическим процессам относят электролиз металлов и растворов. На основе электролитических процессов построена технология получения первичного алюминия из оксида или хлорида алюминия, а также рафинирование меди.

Наибольшее распространение на промышленных предприятиях получили гальванические процессы в производстве металлопокрытий (оцинкование, хромирование, никелирование и др.). В данной Методике рассмотрены вопросы энергетического обследования оборудования гальванических участков (подразделений) предприятий.

Оглавление

Оглавление.....	3
1. Общие положения.....	4
2. Цели и задачи обследования.....	4
3. Этапы обследования.....	5
4. Рекомендации по проведению обследования.....	5
5. ПРИМЕР: Составление фактического теплового баланса струйного агрегата.....	14
Приложения.....	19

1. Общие положения

Гальванизация изделий и деталей на предприятиях проводится в гальванических ваннах с электролитом, которые питаются электрической энергией от низковольтных преобразователей постоянного тока или выпрямительных устройств. Обычно стационарные электрованны устанавливаются на гальваническом участке предприятия, где выполняются различные виды металлопокрытий. Виды и режимы гальванических покрытий приведены в приложении 2.

Кроме электрической энергии все технологические процессы данного производства осуществляют при значительном потреблении пара и горячей воды.

В установках подготовки поверхности изделий для нанесения покрытий (моечные машины, ванны, агрегаты бондеризации и т. п.) тепловая энергия в виде пара и горячей (перегретой) воды расходуется на подогрев технологических растворов. В процессе окислирования используется электроподогрев раствора. Вода используется также для следующих целей:

- промывка обрабатываемых деталей;
- составление и восполнение растворов основных ванн;
- промывка оборудования.

Наибольшая доля водопотребления приходится на промывки деталей в процессе подготовки их поверхности. Системы промывки могут быть одно- и многоступенчатые, а схемы использования воды – прямоточные (вся вода поступает на очистные сооружения) или оборотные.

Основными электроприемниками являются выпрямительные агрегаты, насосы и вентиляторы. Эффективность ведения гальванических процессов зависит от выхода по току V_T и энергии V_3 , которые обычно нормируются. Выход по току V_T зависит от ряда факторов: температуры и состава электролита, плотности тока, расстояния между электродами.

2. Цели и задачи обследования

Целью энергетического обследования оборудования гальванических процессов промышленных предприятий является оценка энергобезопасности и эффективности потребления всех видов энергоресурсов (ТЭР) и энергоносителей, используемых при нанесении металлопокрытий, определение потерь и непроизводительных расходов ТЭР и выявление резервов их экономии.

На основе проведенного обследования осуществляется разработка мероприятий по энергобезопасности и рациональному использованию ТЭР на гальванических участках и оценка затрат на их внедрение.

Вид и объем энергетического обследования оборудования гальванических участков согласуется с администрацией предприятия. Обследование участков может проводиться как составная часть соответствующего общего энергетического обследования всего предприятия.

Внеочередное, локальное или экспресс-обследование могут быть выполнены как самостоятельная работа в соответствии с требованиями по следующим показаниям:

- при возникновении предположения о резком снижении эффективности использования ТЭР на участке;
- при обоснованных сомнениях в достоверности результатов обследования, проведенного энергоаудитором;

- в случае обращения предприятия в органы государственной власти о предоставлении льгот, связанных с использованием электрической и тепловой энергии и энергоносителей.

3. Этапы обследования

В процессе проведения энергетического обследования оборудования гальванических процессов нанесения металлопокрытий выполняются следующие этапы работы:

Этап 1. Ознакомление с объектом обследования и составление его краткой производственной и энергетической характеристики.

Этап 2. Анализ систем учета и контроля потребления всех видов ТЭР и энергоносителей на гальванических участках.

Этап 3. Анализ состояния нормирования расходов ТЭР и энергоносителей при нанесении металлопокрытий.

Этап 4. Составление энергобалансов по видам потребляемых ТЭР, объектам, форме и целевому назначению.

Этап 5. Анализ энергобалансов и основных показателей эффективности энергоиспользования на гальванических участках.

Этап 6. Разработка мероприятий по повышению эффективности использования ТЭР в гальванических процессах.

Этап 7. Подготовка отчета о проведенном обследовании.

4. Рекомендации по проведению обследования

Перед началом энергетического обследования оборудования гальванических участков предприятий следует предварительно ознакомиться:

- с предприятием и его основными структурно-технологическими подразделениями и службами;
- с энергохозяйством предприятия и его структурой;
- с особенностями технологических процессов нанесения металлопокрытий на предприятии;
- общие сведения о предприятии и о потреблении ТЭР и энергоносителей заносятся в таблицы (Приложение 1, Ф.1 и Ф.2 соответственно).

Этап 1.

1.1. Структура и перечень технологических агрегатов и установок гальванических участков должны охватывать все технологические процессы нанесения металлопокрытий.

1.2. При ознакомлении с энергохозяйством участка и установлении специфики его технологической схемы и энергопотребления определяются направления энергетических потоков.

1.3. Схема энергетических потоков дополняется кратким описанием видов и параметров используемых энергоносителей и источников покрытия потребностей в энергоресурсах. В схеме выделяются энергоемкие направления, подлежащие специальному рассмотрению на последующих этапах обследования.

1.4. Составляется перечень и характеристики энергопотребляющего оборудования участка, выделяется наиболее энергоемкое оборудование и технологические процессы. Характеристика электролизных ванн вносится в таблицу (Приложение 1 Ф.3).

1.5. По результатам выполнения п. 1.1...1.4. составляется общая производственная характеристика участка, которая включает следующие данные:

- основные экономические показатели его производственно-хозяйственной деятельности, в том числе объемы и номенклатуру выпускаемой продукции (Приложение 1, Ф.2);
- описание схемы энергетических потоков, увязывающую в единое целое энергетику и основные технологические процессы;
- общую характеристику деятельности энергохозяйства участка, в т. ч. уровни энергопотребления, величину энергетической составляющей в цеховой себестоимости продукции и в стоимости основных производственных фондов.

1.6. Энергетическая составляющая в цеховой себестоимости продукции (затраты энергохозяйства) включает стоимость непосредственно энергоресурсов и затраты на обслуживание, ремонт и амортизацию энергетического оборудования (последние содержатся в соответствующих статьях калькуляции себестоимости продукции).

1.7. Энергетическая составляющая в стоимости основных производственных фондов участка приводится в соответствии с существующими классификационными группами:

- трансформаторные и преобразовательные установки (преобразователи постоянного тока, выпрямители, электро- и теплосети, паро-, воздухо- и водопроводы);
- производственные потребители тепло- и электроэнергии, энергетические части производственных агрегатов, систем освещения, отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, канализации и др.;
- диспетчерские и сигнализирующие устройства (телефон, радио, сигнализация).

1.8. При анализе нормативной документации по вопросам энергоиспользования рассматривается весь комплекс положений, инструкций, стандартов и прочих документов, связанных с деятельностью гальванического участка, в т. ч. с системой оплаты и стимулирования его работников (проектная документация, формы статотчетности, материалы первичного учета, годовые и месячные отчеты за обследуемый период и т. п.).

Этап 2.

2.1. При ознакомлении с видами, параметрами и источниками потребляемых на гальванических участках ТЭР и энергоносителей рассматриваются схемы электрических, тепловых и водопроводных сетей, предоставляемые предприятием.

2.2. На схемах учета потребления ТЭР должны быть указаны места установки действующих приборов учета и контроля и приведена их характеристика.

2.3. Количество и содержание схем учета потребления ТЭР и используемых приборов коммерческого и технологического учета должны отражать реальный уровень учета энергоресурсов на период обследования.

2.4. Производится анализ и оценка систем учета и контроля преобразования, передачи и потребления электрической энергии (активной и реактивной) на гальванических участках.

2.5. Производится анализ и оценка систем учета и контроля получения и потребления на участке тепловой энергии в виде пара и горячей (перегретой) воды.

2.6. Выполняется анализ и оценка корректности и необходимого объема измерительной информации по гальваническому участку, наличия и состояния автоматизированных систем коммерческого и технического поагрегатного учета ТЭР и энергоносителей.

2.7. Отмечаются недостатки в обеспечении приборным учетом агрегатов (ванн), систем (электро-, паро- и водоснабжения) и технологических процессов.

2.8. Проверяется соответствие существующей системы учета и контроля потребления ТЭР и энергоносителей структуре норм расхода энергоресурсов на гальванические процессы.

Этап 3.

3.1. Отмечается наличие или отсутствие на гальваническом участке системы нормирования потребления ТЭР и энергоносителей, отраслевых нормативно-методических материалов по нормированию, заданий и планов по снижению норм расхода от вышестоящих организаций.

3.2. Производится анализ действующих норм потребления ТЭР при нанесении металлопокрытий и методов, используемых при их разработке для технологических процессов и видов покрытий. Отмечается, на кого возложены на участке (предприятии) функции нормирования и как выполняется контроль за соблюдением норм расхода электрической и тепловой энергии.

3.3. Указывается, какие нормы применяются на гальваническом участке (на вид покрытий или работ, годовые, квартальные, технологические, цеховые или агрегатные). Перечисляются применяемые нормы, их величина, единицы нормирования. Отмечается соответствие структуры норм расхода ТЭР структуре фактического потребления электрической и тепловой энергии гальваническими процессами.

3.4. Отмечаются виды работ (покрытий) и технологические процессы на участке, не охваченные нормированием.

3.5. Приводится динамика норм расхода электрической и тепловой энергии и энергоносителей по годам и результаты выполнения норм по каждому виду нормируемой продукции (покрытия) или работ на гальваническом участке. Анализируется динамика норм, выполнение заданий по среднему снижению норм и результаты выполнения этих норм.

3.6. Сопоставляются нормы и фактические удельные расходы ТЭР и энергоносителей по гальваническому участку за последний отчетный год с базисным годом обследования. Для выполнения анализа необходимо определить расчетные величины удельного потребления электрической и тепловой энергии, а также водопотребления в производстве металлопокрытий.

3.6.1. Расчет расхода электроэнергии на гальванические процессы.

Расход электрической энергии на гальванопокрытия (W_2) складываются из расхода энергии на подогрев раствора (электролита) и непосредственно на процесс электролиза

$$W_2 = W_n + W_3, \text{ кВтч}, \quad (1)$$

где W_n – расход электроэнергии на подогрев раствора, кВтч;

W_3 – расход электроэнергии на электролиз, кВтч.

$$W_n = P_n \times T \times K_u \times K_{загр}, \text{ кВтч} \quad (2)$$

где P_n – номинальная мощность установленного электроподогревателя, кВт;

T – время работы агрегатов в течение года, ч;

K_u – коэффициент использования мощности;

$K_{загр}$ – коэффициент загрузки оборудования по времени.

Электроподогрев раствора на участке проводится только при процессе оксидирования, расчет расхода на подогрев приведен в табл. 1.

Таблица 1

Расход электроэнергии на электроподогрев раствора

Наименование оборудования	Количество	Мощность электроподогревателя, кВт	Сменность	Время работы агрегата в течение года, ч	Коэффициент загрузки электроподогревателя	Годовой расход электроэнергии, тыс. кВтч
Ванна оксидирования						

Расчет расхода энергии ведется по каждому виду покрытий в отдельности.

Расход электрической энергии, затрачиваемой по i -му виду покрытия (W_{3i}), определяется по формуле

$$W_{\text{эi}} = \frac{S_i \times U \times n}{60 \times 1000 \times \eta_1 \times \eta_2}, \quad \text{кВтч}, \quad (3)$$

где S_i – поверхность покрываемых изделий i -го вида покрытий, дм^2 ;

U – рабочее напряжение процесса, В;

n – норма пропускания тока на 1 дм^2 площади покрываемых деталей, $\text{А} \times \text{мин} / \text{дм}^2$;

величина n может быть определена по формуле

$$n = D \times T, \quad \text{А} \times \text{мин} / \text{дм}^2,$$

где D – плотность тока, $\text{А} / \text{дм}^2$;

T – время ведения процесса, мин;

η_1 – КПД преобразователя (выпрямителя). Принимается в расчетах – 0,6;

η_2 – КПД сети; в расчетах можно принять – 0,9.

Удельный расход электрической энергии по каждому гальваническому процессу i -го вида покрытий определяется по формуле

$$W_{\text{уд.}}^i = \frac{W_{\text{эi}}}{S_i}, \quad \text{кВтч} / \text{м}^2 \quad (4)$$

Средневзвешенный удельный расход электроэнергии определяется по формуле

$$W_{\text{уд.}}^{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{\text{эi}} \times S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad \text{кВтч} / \text{м}^2, \quad (5)$$

где n – количество рассматриваемых гальванических процессов i -го вида покрытий.

Общий расход электроэнергии по всем видам покрытий составит

$$W = \eta_3 \times \sum_{i=1}^m F_i \times W_{\text{уд.}}^{\text{ср}}, \quad \text{кВтч}, \quad (6)$$

где η_3 – коэффициент, учитывающий потери в загрузочных реостатах, $\eta_3 = 1,05 \dots 1,1$;

F_i – годовой выпуск продукции по i -му виду покрытий, м^2 ;

m – количество видов покрытий.

Расчет расхода электроэнергии по гальваническому участку на электролиз сводится в таблицу, представленную в приложении 1, Ф.4, а в целом на гальванопокрытия – в сводную таблицу 2.

Таблица 2

Расход электроэнергии на гальванопокрытия

Показатели	Расход электроэнергии W по гальваническому участку	
	тыс. кВтч	%
1. Расход электроэнергии на подогрев раствора (ванна оксидирования)		
2. Расход электроэнергии на электролиз		
3. Общий расход электроэнергии на гальванопокрытия		

За единицу нормирования, планирования и учета расхода электрической энергии на гальванические процессы принимается 1м^2 поверхности покрываемых изделий.

Технологическая норма расхода электроэнергии по гальваническому участку

$$H_g = W_{\text{уд.}}^{\text{ср}}, \quad \text{кВтч} / \text{м}^2. \quad (7)$$

3.6.2. Расчет расхода тепловой энергии на гальванические процессы.

Расход тепловой энергии на гальванические ванны определяется по формуле

$$Q_{2.в.} = Q_{разогр.} + Q_{под.} + Q_{пот.}, \text{ кДж}, \quad (8)$$

где $Q_{разогр.}$ – расход тепла на разогрев ванн до рабочей температуры жидкости, кДж;

$Q_{под.}$ – расход тепла на поддержание температуры в ванне, кДж;

$Q_{пот.}$ – потери тепла в паропроводах, кДж.

Расход тепла на разогрев ванны определяется по формуле

$$Q_{разогр.} = Q_{р.ж.} + Q_{р.в.} + Q_{р.с.} + Q_{р.н.}, \text{ кДж}, \quad (9)$$

где общие затраты складываются из следующих:

- разогрев жидкости (раствора или воды)

$$Q_{р.ж.} = M_{ж.} \times c_{ж.} \times (t_k - t_n), \text{ кДж}; \quad (10)$$

- нагрев конструкции ванны

$$Q_{р.в.} = M_v \times c_v \times (t_k - t_n), \text{ кДж}; \quad (11)$$

- покрытие потерь тепла через стенки ванны за время разогрева

$$Q_{р.с.} = 3,6 \times F_c \times K \times \left(\frac{t_k - t_n}{2} \right) \times \tau_1, \text{ кДж}; \quad (12)$$

- испарение жидкости с поверхности ванны при разогреве

$$Q_{р.н.} = 2262 \times F_{з.и.} \times q_{раз.} \times \tau_1, \text{ кДж}. \quad (13)$$

В формулах 10 – 13

$c_{ж.}$; $M_{ж.}$ – теплоемкость и масса жидкости, находящейся в ванне, соответственно, кДж/кг·К, кг;

t_n ; t_k – начальная и конечная температуры жидкости в ванне, °С;

c_v ; M_v – теплоемкость и масса ванны соответственно, кДж/кг·К; кг;

F_c ; $F_{з.и.}$ – площадь стенок и зеркала испарения ванны соответственно, м²;

$q_{раз.}$ – расход жидкости, испаряющейся с 1 м² зеркала испарения при разогреве, кг/ч,

(Приложение 3);

K – коэффициент теплопередачи от жидкости к воздуху через стенки ванны, Вт/м²·К,

(Приложение 4);

τ_1 ; τ_2 – количество часов разогрева ванны и работы ее в разогретом состоянии соответственно, ч.

Расход тепла на поддержание температуры в ванне определяется по формуле

$$Q_{под} = (Q_{н.с.}^ч + Q_{и.п.}^ч) \times \tau_2, \text{ кДж}, \quad (14)$$

где – часовые потери тепла через стенки ванны при работе в разогретом состоянии

$$Q_{н.с.}^ч = 3,6 \times F_c \times K \times (t_k - t_n), \text{ кДж/ч}, \quad (15)$$

Часовые потери тепла, связанные с испарением жидкости с поверхности ванны при работе в разогретом состоянии

$$Q_{и.п.}^ч = 2262 \times F_{з.и.} \times q_{и.п.}, \text{ кДж/ч}, \quad (16)$$

здесь $q_{и.п.}$ расход жидкости, испаряющейся с 1 м² зеркала испарения при работе в разогретом состоянии, (Приложение 3).

Общий часовой расход тепла составит

$$Q^ч = \frac{Q_{разогр.} + Q_{под.}}{\tau_1 + \tau_2}, \text{ кДж / ч}. \quad (17)$$

В случае обогрева ванны через поверхность нагрева, необходимо ввести коэффициент $K = 1,03$, учитывающий потери тепла с пролетным паром.

Линейные потери тепла паропроводами $Q_{\text{пот.}}$ определяются по стандартной методике*.

3.6.3. Расчет расхода тепловой энергии на подготовку поверхности изделий.

В установках подготовки поверхности изделий (моечные машины, ванны, агрегаты бондеризации и т. п.) тепловая энергия в виде пара и горячей (перегретой) воды расходуется на подогрев технологических растворов.

В технологическую норму расхода тепловой энергии на подогрев технологических растворов включены:

- подогрев раствора до рабочей температуры (период разогрева);
- поддержание рабочей температуры в ваннах (период эксплуатации);
- потери тепла в агрегате.

Технологическая норма расхода тепла на подготовку поверхностей изделий определяется выражением

$$H_T^{nm} = \frac{q_1^n \times \Pi_1 + q_2^n \times \Pi_2 + K + q_i^n \times \Pi_i}{\Pi_1 + \Pi_2 + K + \Pi_i}, \quad \text{кДж/т}, \quad (18)$$

где q_i^n - технологическая норма расхода тепла по каждому агрегату, кДж/т;

Π_i – годовой объем обработанных изделий агрегатом, т.

Технологическая норма расхода тепла на подготовку определяется на основании фактического энергетического баланса агрегата. Тепловой расчет сводится к определению затрат тепла в агрегате в период эксплуатации и в период разогрева раствора.

Уравнение теплового баланса записывается в виде

$$Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{расх.}} = Q_{\text{пол.}} + Q_{\text{пот.}}, \quad \text{кДж}, \quad (19)$$

где $Q_{\text{пол.}} = Q_{\text{разогр.}} + Q_{\text{под.}}$ – полезный расход тепла, затраченный на подогрев растворов в период разогрева и поддержание температуры растворов в период эксплуатации, кДж;

$Q_{\text{пот.}}$ – потери тепла в агрегате, кДж;

$Q_{\text{под.}}$ – расход тепла на поддержание температуры растворов в период эксплуатации невелик по сравнению с другими потерями и им пренебрегают при расчетах, кДж.

Сначала производится расчет часового расхода тепла в эксплуатационный период.

Часовой расход тепла включает ряд составляющих ($Q_1 \dots Q_5$):

1. Теплопотери через внешние ограждения

$$Q_1 = F \times K \times (t_2 - t_1) \times K_s^I, \quad \text{кДж/ч}, \quad (20)$$

где F – поверхность внешних ограждений, м^2 ;

K – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт/м}^2 \times \text{К}$;

t_1 – температура воздуха в цехе, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 – температура нагрева внешних ограждений, $^{\circ}\text{C}$;

K_s^I – коэффициент запаса (принимается равным 1,5).

Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}}}, \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}, \quad (21)$$

* Основные положения по составлению и анализу энергетических балансов промышленных предприятий. М.: ВНИПИэнергопром, 1980, 83с.

Гольстрем В. А., Иваненко А. С., Справочник энергетика промышленных предприятий, Киев, Техніка, 1997, 461с.

где $\alpha_{вн}$ – коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к стенке, Вт/м²×К;
 $\alpha_{нар}$ – коэффициент теплоотдачи от изолированной стенки к воздуху, Вт/м²×К;
 δ – толщина слоя изоляции, м;
 λ – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/м×К;

2. Расход тепла на нагрев изделий и транспорта

$$Q_2 = G_{изд} \times c_{изд} \times (t_{2изд} - t_{1изд}) + G_{тр} \times c_{тр} \times (t_{2тр} - t_{1тр}), \text{ кДж/ч}, \quad (22)$$

где $G_{изд}$; $G_{тр}$ – производительность по массе изделий и транспорта соответственно, кг/ч;
 $c_{изд}$; $c_{тр}$ – теплоемкость изделий и транспорта соответственно кДж/кг×К;
 $t_{1изд}$; $t_{2изд}$; $t_{1тр}$; $t_{2тр}$ – температура изделий и транспорта при входе и выходе из агрегата соответственно, °С.

3. Теплотери с уходящей через проем паровоздушной смесью определяются по формуле

$$Q_3 = G_{п.см.} \times c_{возд.} \times (t_{2возд.} - t_1), \text{ кДж/ч}, \quad (23)$$

где $G_{п.см.}$ – расход паровоздушной смеси, кг/ч. Расход паровоздушной смеси определяется технологической частью проекта; $c_{возд.}$ – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг×К; $t_{2возд.}$ – температура нагретого воздуха, °С.

4. Теплотери на испарение влаги, уносимой воздухом определяются по формуле

$$Q_4 = G_{п.см.} \times (d_2 - d_1) \times 0,9 \times r, \text{ кДж/ч}, \quad (24)$$

где d_1 – влагосодержание 1 кг воздуха при насыщении его до $\phi=60\%$ при $t=15$ °С; кг/кг сух. возд.; d_2 – влагосодержание 1 кг воздуха при насыщении его до $\phi=90\%$ при температуре нагретого воздуха $t_{2возд.}$, кг/кг сух. возд.; r – теплота парообразования водяных паров при $t_{2возд.}$, кДж/кг. (Приложение 5).

5. Теплотери с удаляемой в канализацию водой и растворами

$$Q_5 = G_в \times c_в \times (t_{2в} - t_{1в}) + G_р \times c_р \times (t_{2р} - t_{1р}), \text{ кДж/ч}, \quad (25)$$

где $G_в$; $G_р$ – расход воды и раствора, кг/ч; $c_в$ – теплоемкость воды, кДж/кг×К, ($c = 4,19$ кДж/кг×К); $c_р$ – теплоемкость раствора, кДж/кг×К; $t_{1в}$; $t_{1р}$; $t_{2в}$; $t_{2р}$ – начальная и конечная температура воды или раствора соответственно °С.

Общая сумма теплотерь за эксплуатационный период составит

$$Q_{пот.} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \times K_з, \text{ кДж/ч}, \quad (26)$$

где $K_з$ – коэффициент запаса на неучтенные потери, равный 1,1...1,2.

В период разогрева растворов часовой расход тепла определяется из следующих данных:

- при перерыве в работе ванн между сменами вода (раствор) охлаждается до температуры воздуха в цехе;
- продолжительность периода разогрева обычно принимается 1 час.

$$Q_{разогр.} = \sum G_р \times c_р \times (t_{2р} - t_{1р}) + 0,5 \times Q_1, \text{ кДж/ч}, \quad (27)$$

где $G_р$ – расход нагреваемой жидкости в ванне, кг/ч (подсчитывается по объему ванны с учетом коэффициента заполнения); Q_1 – теплотери через ограждающие конструкции ванны, которые определяются по формуле (20), кДж/ч.

Технологическая норма расхода тепла на подготовку поверхностей определяется по формуле

$$H_i^{nn} = \frac{Q_{разогр.} \times \tau_1 \times n + Q_{ном.} \times \tau_2}{\Pi \times (\tau_1 + \tau_2)} + q_{пуск.}, \quad \text{кДж/т}, \quad (28)$$

где τ_1 – продолжительность периода разогрева растворов, ч; τ_2 – продолжительность эксплуатационного периода, ч; n – количество разогревов за рассматриваемый период; Π – количество обрабатываемых деталей за рассматриваемый период (смену, квартал), т; $q_{пуск.}$ – норма пусковых потерь, кДж/т. Устанавливается опытным путем с учетом показателей, достигнутых передовыми предприятиями.

3.6.4. Расчет водопотребления на гальванические процессы

1. Расчет норматива водопотребления на промывные операции. Удельный расход воды для одноступенчатой промывки равен

$$H_{пр.} = q \times K^o, \quad \text{л/м}^2, \quad (29)$$

где q – удельный вынос электролита (раствора) на ванны поверхностью деталей, л/м².

Величина q зависит от метода обработки и принятой продолжительности стекания; принимается по табл. 3.

Таблица 3

Удельный вынос электролита

Вид обработки	$t_{ст.}, ^\circ\text{C}$ не менее	$q,$ л/м ²
1. На подвесках	6	0,2
2. Насыпью:		
в колоколах и барабанах	15	0,4
в корзинах и сетках	15	0,5
3. На подвесках и насыпью в агрессивных растворах	не регламентируется	0,7

K^o – критерий окончательной промывки деталей, определяемый выражением

$$K^o = \frac{C_o}{C_n},$$

где C_o – концентрация основного компонента в электролите, применяемом для операции, после которого производится промывка, г/л; данные завода; C_n – предельно допустимая концентрация основного компонента в ванне промывки, г/л; ГОСТ 9.305-84С.

Расход воды на промывочные ванны определяется по формуле

$$G_{пр.} = q \times F \times K^o, \quad \text{л}, \quad (30)$$

где F – промываемая поверхность деталей, м².

Результаты расчета норматива водопотребления и расхода воды на промывные операции сводятся в таблицу (Приложение 1, Ф.5).

2. Расчет норматива водопотребления на составление и восполнение растворов электролитов основных ванн.

Удельный расход воды на приготовление растворов основных ванн (л/м²) определяют исходя из объемов ванн, периодичности смены растворов, указанной в технологическом проекте на процесс, и площади поверхности обрабатываемых деталей

$$H_e = \frac{V_e \times (n + 1)}{F}, \quad \frac{\text{л}}{\text{м}^2}, \quad (31)$$

где V_v – объем ванны, л; n – периодичность смены раствора в год; F – площадь поверхности обрабатываемых деталей, m^2 ; V_v , n , F – принимаются по данным завода.

Данные для расчета норматива водопотребления и расхода воды на составление и восполнение растворов электролитов основных ванн сводятся в таблицу (Приложение 1, Ф.6).

3. Расчет норматива водопотребления на промывку оборудования

В связи с совпадением периодичности промывки с периодичностью смены основных ванн удельный расход воды на промывку определяется аналогично по формуле

$$H_{об.} = \frac{V_v \times 0,05}{F}, \quad \frac{л}{m^2}. \quad (32)$$

Расход воды на промывку оборудования принимают равным от 1,5 до 5% объема ванн

$$G_{об.} = V_v \times 0,05, \quad л. \quad (33)$$

Общий расход воды по гальваническому участку

$$G = G_{пр.} + G_v + G_{об.}, \quad л. \quad (34)$$

Норматив водопотребления в производстве металлопокрытий равен

$$H = \frac{G \times 10^{-3}}{F}, \quad \frac{m^3}{m^2}. \quad (35)$$

3.7. На основании проведенного анализа делается оценка действующих норм с целью определения их технической обоснованности и прогрессивности.

Этап 4.

4.1. Производится анализ методов определения (распределения) расхода топливно-энергетических ресурсов потребителями (по потребителям) гальванического участка.

4.2. Методика составления топливно-энергетических балансов базируется на законе сохранения энергии: суммарный приход первичной энергии равен суммарному её расходу. Небаланс прихода и расхода отдельных видов энергоносителей по участку и его агрегатам допускается в пределах 3...5 % от суммарного прихода данного вида энергоносителя.

4.3. Исходной информацией для составления энергетических балансов служит представленная обследуемым предприятием отчетная документация о расходах электрической и тепловой энергии по гальваническому участку, его ваннам и установкам и основным видам металлопокрытий.

4.4. При отсутствии приборов учета по гальваническому участку расход энергоресурсов определяется расчетным путем, базирующемся на результатах инструментального обследования, справочно-нормативных данных и режимных характеристиках объекта учета.

4.5. Фактические потери электрической и тепловой энергии в распределительных сетях и установках принимаются на основании данных приборов учета и расчетным путем (в том числе – с учетом результатов инструментального обследования).

4.6. Инструментальное обследование применяется для восполнения отсутствующей информации, которая необходима для достижения целей обследования, но не может быть получена из представленной предприятием документации, или вызывает сомнения в достоверности.

4.7. При проведении измерений максимально используются действующие коммерческие и технические узлы учета электрической и тепловой энергии. Вид проводимых измерений (однократные, балансовые, регистрация параметров) определяется поставленными целями.

4.8. Энергетические балансы составляются на уровне участка в целом и его наиболее энергоемких агрегатов (ванна, установка, агрегат и т. п.). Объект разработки баланса определяется в каждом конкретном случае в зависимости от особенности производства и задач обследования.

4.9. При составлении частных энергетических балансов количественные измерения энергоносителей производятся в ГДж, кВтч и других единицах.

4.10. При составлении сводного энергетического баланса измерение различных видов энергоресурсов и энергоносителей производится в тоннах условного топлива. Пересчет различных видов энергоресурсов в условное топливо осуществляется по физическому эквиваленту энергии, заключенной в ТЭР, т.е. в соответствии с первым законом термодинамики.

4.11. Выходная информация по этапу 4 содержит:

- сводные отчетные синтетические энергетические балансы участка за последний календарный год, предшествующий проведению энергетического обследования, по производственному признаку и по целевым направлениям;
- расходные части синтетических балансов наиболее энергоемких агрегатов участка по целевому направлению за тот же временной период;
- другую информацию в объеме, достаточном для проведения следующих этапов обследования.

5. ПРИМЕР: Составление фактического теплового баланса струйного агрегата

Составить фактический тепловой баланс струйного агрегата подготовки поверхности изделий перед нанесением на нее металлопокрытия с габаритами 1000×630×1600 мм при непрерывной подаче их в агрегат подвесным однониточным конвейером.

Для данной конструкции агрегата коэффициент теплопередачи K стен и крышек ванн равен $1,62 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$; днища ванн – $11,64 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$. Исходные данные (режимные) приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование	Обозначение	Единицы измерения	Величина
1	2	3	4
Производительность:			
по массе изделий	$G_{\text{изд.}}$	кг/ч	10000
по массе транспорта	$G_{\text{тр.}}$	кг/ч	1800
по обрабатываемой поверхности	$F_{\text{изд.}}$	$\text{м}^2/\text{ч}$	200
2. Расход паровоздушной смеси	$G_{\text{п. см.}}$	кг/ч	1140
3. Теплоемкость:			
изделий	$c_{\text{изд.}}$	кДж/кг·К	0,482
движущегося конвейера	$c_{\text{тр.}}$	кДж/кг·К	0,482
воздуха	$c_{\text{в}}$	кДж/кг·К	1,006
4. Температура:			
ограждений и крышек ванн	t_2	°С	40
днища ванн	$t_{\text{ст.}}$	°С	$t_{\text{ст.}}=t_2$
обезжиривания (I зона)	t_2	°С	65
I промывки (II зона)	t_2	°С	50
II промывки (III зона)	t_2	°С	40
фосфатирования (IV зона)	t_2	°С	50
III промывки (V зона)	t_2	°С	20
пассивирования (VI зона)	t_2	°С	50
в цехе	t_1	°С	15
пара ($P=3 \text{ кгс/см}^2$)	$t_{\text{п}}$	°С	132,9
5. Поверхность ограждений:			
стен, потолка и днища	F_1	м^2	201
крышек ванн	F_2	м^2	6,13
стенок ванн:			
обезжиривания	F_3	м^2	8,66

фосфатирования I промывки II промывки рассивирования днища: I промывки II промывки пассивирования обезжиривания фосфатирования	F ₄ F ₅ F ₆ F ₇ F ₈ F ₉ F ₁₀ F ₁₁ F ₁₂	м ² м ² м ²	7 2,76 4,67
6. Объем ванны: зона обезжиривания зона I, II, III промывки зона фосфатирования зона пассивирования		м ³ м ³ м ³ м ³	4,2* 2,5* 2,6* 2,5*
7. Норма пусковых потерь	q _{пуск.}	кДж/т	20950

* - объем ванн определен с учетом коэффициента заполнения 0,85.

Составляем фактический тепловой баланс агрегата (таблица 5).

Расход тепла на поддержание температуры растворов мал по сравнению с другими потерями и в расчетах не учитывается.

Анализ статей теплового баланса показывает, что в эксплуатационном периоде тепло расходуется только на восполнение всех видов тепловых потерь.

Таблица 5

Статья баланса	Обозначение	Единица измерения	Расчетная формула или способ определения	Расчет
1	2	3	4	5
1. Расход тепла	$Q_{\text{расх.}}$	кДж/ч	$Q_{\text{расх.}} = Q_{\text{пол.}} + Q_{\text{пот}}$	$3101867,5 + 2085102,0 = 5186969,5$
1.1. Расход тепла при эксплуатационном периоде с учетом коэффициента неучтенных потерь (1, 2) в том числе:	Q_3	кДж/ч	$Q_3 = Q_{\text{пот}} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \times 1,2$	$(98905 + 511725 + 28660 + 92695 + 1005600) \times 1,2 = 2085102,0$
в окружающую среду	Q_1	кДж/ч	$3,6 \times \sum F \times K \times (t_2 - t_1) \times K_3$	$3,6 \times [201 \times 1,62 \times (40 - 15) + 6,13 \times 1,62 \times (40 - 15) + 8,66 \times 1,62 \times (65 - 5) + 8,66 \times 1,62 \times (50 - 15) + (7 + 7) \times 1,62 \times (50 - 15) + 7 \times 1,62 \times (40 - 15) + (2,76 + 2,76) \times 11,64 \times (50 - 15) + 2,76 \times 11,64 \times (40 - 15) + 4,67 \times 11,64 \times (65 - 15) + 4,67 \times 11,64 \times (50 - 15)] \times 1,5 = 98905$
на подогрев изделий (в I, IV, VI зоне)	Q_2	кДж/ч	$\sum G_{\text{изд.}} \times c_{\text{и}} \times (t_{2\text{изд}} - t_{1\text{изд}})$	$10000 \times 0,482 \times (65 - 15) + 10000 \times 0,482 \times (50 - 40) + 10000 \times 0,482 \times (50 - 20) = 511725$
с уходящей через проем паровоздушной смесью	Q_3	кДж/ч	$G_{\text{п.см.}} \times c_{\text{возд.}} \times (t_{2\text{возд.}} - t_1)$	$1140 \times 1,006 \times (40 - 15) = 28660$
на испарение влаги, уносимой воздухом ($\varphi = 90\%$)	Q_4	кДж/ч	$G_{\text{п.см.}} \times (d_2 - d_1) \times 0,9 \times r$	$1140 \times (0,044 - 0,0065) \times 0,9 \times 2409 = 92695$
с удаляемой в канализацию водой (II зона – 50°C III зона – 40 °C V зона – 20 °C)	Q_5	кДж/ч	$\sum G_{\text{в.}} \times c_{\text{в.}} \times (t_{2\text{в.}} - t_{1\text{в.}})$	$3000 \times 4,19 \times (50 - 10) + 3000 \times 4,19 \times (40 - 10) + 3000 \times 4,19 \times (20 - 10) = 1005600$
1.2. Расход тепла на разогрев растворов (период разогрева)	$Q_{\text{пол.}} = Q_{\text{разо гр.}}$	кДж/ч	$\sum [G_{\text{р.}} \times c_{\text{р.}} \times (t_2 - t_1) + 0,5 \times Q_1]$	$[4200 \times 4,19 \times (65 - 15) + 2500 \times 4,19 \times (50 - 10) + 2500 \times 4,19 \times (40 - 10) + 6600 \times 4,19 \times (50 - 15) + 2500 \times 4,19 \times (20 - 10) + 2500 \times 4,19 \times (50 - 15) + 0,5 \times 98905] = 3101867,5$
2. Приход тепла пара (горячей воды)	$Q_{\text{прих.}}$	кДж/ч	$Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{расх.}}$	5186969,5

Этап 5.

5.1. Анализ энергетических балансов состоит в количественной и качественной оценке состояния энергетического хозяйства гальванического участка.

5.2. В рамках анализа энергопотребления осуществляется анализ структуры:

- приходной и расходной частей энергетического баланса, что позволяет уточнить специфику энергопотребления объекта обследования (выявленную на этапе 1) и, путем сравнения с аналогами, наметить пути оптимизации структуры баланса;
- потребления подведенных энергоносителей с учетом их стоимости, что позволяет оценить удельный вес каждого из них на стадии конечного использования и акцентировать внимание на анализе использования конкретного вида энергоресурсов (энергоносителя);

- энергопотребления по производственному признаку, что позволяет оценить удельный вид каждого объекта участка как по суммарному энергопотреблению, так и по потреблению отдельных видов энергоресурсов (энергоносителей);
- энергопотребления по целевому назначению, что позволяет определить:
 - удельный вес различных направлений энергопотребления (технологические нужды, силовые нужды, отопление, вентиляция и т. д.) по участку в целом;
 - удельный вес различных потребителей в рамках каждого направления энергопотребления;
 - распределение отдельных видов энергоносителей по направлениям потребления и потребителям.

5.3. Производится расчет и сравнительный анализ фактических показателей эффективности энергоиспользования на гальваническом участке, оцениваются резервы, связанные с повышением уровня использования ТЭР на участке в целом и по отдельным наиболее энергоемким агрегатам.

5.4. Величина резервов экономии ТЭР определяется двумя факторами: величиной их расхода и уровнем использования (т. е. отношением фактического коэффициента полезного использования к экономически обоснованному).

5.5. Анализ эффективности использования ТЭР проводится путем сравнения фактических показателей с нормативными, фактическими за прошедший временной период, перспективными, аналогичными на других подобных объектах при соблюдении условий сопоставимости.

5.6. Оценка эффективности энергоиспользования предполагает определение и анализ удельных фактических расходов ТЭР на производство металлопокрытий, как результирующих показателей рационального потребления ТЭР, сопоставление их в динамике с соответствующими нормативными значениями за рассматриваемый период.

5.7. Выходная информация по этапу 5 должна быть представлена преимущественно в таблично-графической форме и обеспечивать выбор:

- наиболее перспективных направлений и объектов рационализации энергопотребления на участке;
- очередность реализации разработанных на последующем этапе обследования рекомендаций.

Этап 6.

6.1. Энергосберегающие мероприятия для гальванических процессов разрабатываются преимущественно путем применения типовых методов энергосбережения к выявленным на предыдущих этапах обследования объектам с наиболее расточительным или неэффективным использованием ТЭР.

6.2. В числе разрабатываемых мероприятий необходимо предусмотреть рекомендации по рационализации систем учета потребления ТЭР на гальваническом участке.

6.3. При разработке мероприятий необходимо:

- определить техническую суть предлагаемого усовершенствования и принцип получения экономии, возможности использования технических средств, технологических, режимных или организационных факторов;
- рассчитать потенциальную годовую экономию в натуральном и стоимостном выражении;
- определить возможные побочные эффекты от внедрения рекомендаций, влияющие на реальную экономическую эффективность;
- оценить общий экономический эффект предлагаемой рекомендации с учетом всех вышеперечисленных факторов.

6.4. Для взаимозависимых рекомендаций рассчитываются как минимум два показателя экономической эффективности:

- эффект при условии реализации только данной рекомендации;

- эффект при условии реализации всех предлагаемых рекомендаций.

6.5. Для оценки экономического эффекта от реализации мероприятия достаточно использовать простой срок окупаемости. При необходимости допускается применение более сложных методов оценки экономической эффективности проекта.

6.6. Не допускается косвенная оценка параметров эффективности использования ТЭР.

6.7. После оценки экономической эффективности рекомендации классифицируются по трем категориям:

- беззатратные и низкозатратные – осуществляемые в порядке текущей деятельности предприятия;
- средnezатратные – осуществляемые, как правило, за счет собственных средств предприятия;
- высокозатратные – требующие дополнительных инвестиций, осуществляемые, как правило, с привлечением заемных средств.

6.8. Все энергосберегающие рекомендации располагаются по категориям, перечисленным выше, и в порядке понижения их экономической эффективности, что соответствует наиболее оптимальной очередности их выполнения.

6.9. Рекомендации по энергосбережению и рациональному использованию ТЭР не должны снижать экологические характеристики работающего оборудования и технологических процессов, уровень безопасности и комфортности рабочего персонала, качества и безопасности продукции.

6.10. Выходной информацией по этапу 6 является полный перечень рекомендаций по повышению эффективности использования ТЭР и энергоносителей и снижению затрат на энергообеспечение, классифицированных по трем категориям в зависимости от величины необходимых затрат на их реализацию.

Этап 7.

7.1. В описательной части отчета представляется вся информация об обследуемом предприятии, имеющая отношение к вопросам нанесения гальванопокрытий, данные по гальваническому участку, а также общая характеристика предприятия.

7.2. В аналитической части приводятся физический и финансово-экономический анализ эффективности использования ТЭР при нанесении металлопокрытий, описываются энергосберегающие рекомендации и порядок их выполнения.

7.3. Сводная таблица энергосберегающих рекомендаций выносится в конец отчета и оформляется в виде общего резюме (выводов) по работе.

Отчет должен быть кратким и конкретным, все результаты работы и табличные материалы обследования следует выносить в приложения. Основные числовые данные (ассортимент выпускаемой продукции, структура энергопотребления, структура затрат на энергоносители и ряд других) представляются в виде таблиц и круговых диаграмм.

Управляющий НП «Группа ЭЗ»

Шибанов А.П.



Приложения

Приложение 1.
Форма 1.

Объемы выпуска и реализации продукции 20__ г.

Структурное подразделение предприятия и вид выпускаемой продукции*	Продукция					Фактические расходы энергоносителей на единицу произведенной продукции**		
	Объем производства			Объем реализации		топливо (по видам)	тепловая энергия (по видам)	электро-энергия
	физический		стоимостной	физический	стоимостной			
	макс. воз-можн.	фактически произв.						

* Приводится вся номенклатура выпускаемой продукции

** При отсутствии сведений по видам энергоносителей допускается приводить данные по их совокупному расходу на единицу продукции
Форма 1 заполняется за каждый квартал базового года, принятого в обследовании

Общая характеристика деятельности энергохозяйства в 20__ г.*

Наименование показателей	Величина
1. Общее энергопотребление,** т у.т., в том числе	
1.1. топливо на технологические цели,***	
всего, т у.т., в том числе	
1.1.1. газ	
1.1.2. мазут	
1.1.3. уголь	
1.1.4. прочие (указать какие)	
1.2. тепловая энергия, всего, Гкал, в том числе	
1.2.1. пар, в том числе	
1.2.1.1. от собственных источников	
1.2.2. горячее водоснабжение, в том числе	
1.2.2.1. от собственных источников	
1.3. электроэнергия, всего, тыс. кВтч, в том числе	
1.3.1. от собственных источников	
2. Структура установленной мощности электропотребителей, кВт	
2.1. двигательная нагрузка	
2.2. технологическая нагрузка	
2.3. освещение	
2.4. прочие нужды	
3. Структура электропотребления, тыс. кВтч	
3.1. двигательная нагрузка	
3.2. технологическая нагрузка (в т.ч. на электролиз)	
3.3. освещение	
3.4. прочие нужды, всего, в том числе	
3.4.1. потери	
4. Цена и тарифы на покупные энергоносители	
4.1. топливо, руб./т у.т., в том числе	
4.1.1. газ	
4.1.2. мазут	
4.1.3. уголь	
4.1.4. прочие (указать какие)	
4.2. тепловая энергия, руб./Гкал, в том числе	
4.2.1. пар	
4.2.2. горячая вода	
4.3. электроэнергия (фактически за отчетный период), руб./кВтч	
4.3.1. тарифная ставка за заявленную мощность, руб./кВт×год	
4.3.2. тарифная ставка за потребленную электроэнергию, руб./кВтч	
5. Мощность в часы максимума энергосистемы, кВт	
5.1. заявленная по договору	
5.2. фактическая	
6. Заявленный по договору уровень электропотребления, тыс. кВтч	

* Общая энергетическая характеристика предприятия охватывает только производственное потребление (без субабонентов, коммунально-бытовых и других потребителей).

** Общее энергопотребление (А) рассчитывается как $A = B + (0,123W + 0,143Q)$,

где В – топливо на технологические цели, т.т.т.;

W и Q – потребление электро- и тепловой энергии соответственно, тыс. кВтч, Гкал

*** за исключением топлива, идущего на выработку тепловой и электрической энергии

Форма 2 заполняется за каждый квартал и год, принятых в обследовании.

Характеристика технологических гальванических ванн (гальванический участок)

Наименование оборудования	Количество, шт. (факт.)	Габаритные размеры, мм	Толщина слоя, мкм	Продолжительность процесса, мин.	Сменность	Действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч
1. Ванна хромирования						
2. Ванна лужения						
3. Ванна оцинкования						
4. Ванна кадмирования						
5. Ванна свинцово-оловянирования						
6. Ванна омеднения						
7. Ванна никелирования						
8. Ванна оксидирования						
9. Ванна электрообезжиривания						
10. Ванна анодирования						
11. Ванна снятия никеля						
12. Ванна снятия олова						
13. Ванна электрополировки						

Расчет расхода электроэнергии на электролиз

Наименование оборудования	Наименование деталей	Площадь покрытия на одну садку, дм ²	Рабочее напряжение процесса, В	Время ведения процесса, мин.	Плотность тока, А/дм ²	Норма пропуска тока, А мин/дм ²	КПД преобразовательной установки	КПД сетей	Расход электроэнергии на одну садку. кВтч	Расход электроэнергии на м ² поверхности, кВтч/м ²	Средневзвешенный расход электроэнергии, кВтч/м ²	Выпуск продукции за год, м ²	Годовой расход электроэнергии, тыс. кВтч	
													по данному виду покрытия	с учетом коэффициента, η _в
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Ванна твердого хромирования														
2. Ванна защитно-декоративного хромирования														
3. Ванна лужения														
4. Ванна свинцово-оловянирования														
5. Ванна никелирования														
6. Ванна кадмирования														
7. Ванна меднения														
8. Ванна цинкования														
9. Ванна анодирования														
10. Ванна холодного электрообезжиривания														
11. Ванна горячего электрообезжиривания														
12. Ванна электрополировки														
13. Ванна снятия никеля														
14. Ванна снятия олова														
ИТОГО по цеху №														

Расчет водопотребления на промывочные ванны

	Режим работы, смен	Фонд времени, ч	Удельный вынос электролита, л/м ²	Концентрация основного компонента в электролите, г/л	Пределная допустимая концентрация, г/л	Критерий окончательной промывки	Промываемая поверхность		Удельный расход воды, л/м ²	Суточный расход воды, м ³ /сут.
							м ² /год	м ² /ч		
1. Хромирование										
2. Никелирование										
3. Свинцевание										
4. Оловянирование										
5. Кадмирование										
6. Омеднение										
7. Оцинкование										
8. Анодное оксидирование										
9. Оксидирование										
10. Фосфатирование										
11. Осветление										
ИТОГО:										
Годовой расход воды на промывочные ванны составил $G_B =$ _____										

Расчет водопотребления на составление и восполнение растворов основных ванн

	Режим работы, см.	Количество ванн, шт.	Рабочий объем ванн, л	Период смены электролита в год	Промываемая поверхность, м ² /год	Удельный расход воды, л/м ²	Расход воды, л
1. Хромирование							
2. Никелирование							
3. Свинцевание							
4. Оловянирование							
5. Кадмирование							
6. Омеднение							
7. Оцинкование							
8. Анодное оксидирование							
9. Оксидирование							
10. Фосфатирование							
11. Осветление							
ИТОГО:							

Виды и режимы гальванических покрытий

Процесс	Плотность тока, А/дм ²	Напряжение, В
Электрохимическое обезжиривание	5-10	6
Оцинкование	2,2-3,2	6-12
Лужение	1,1-2,7	6
Омеднение	1,5-3,0	6
Никелирование	1,0-6,5	6-12
Хромирование	15-25	6-12
Анодирование	0,11-0,54	6
Кадмирование	0,5-5,0	6-12
Оксидирование крепежных деталей и шеек	1-2	13-15
Износостойкое хромирование	30-50	6-12

Количество жидкости (воды), испаряющейся с 1м² ванны, кг/ч

Температура ванны, °С	Скорость движения воздуха над ванной, м/с	
	0,2	0,7
30	0,56	0,75
40	1,18	1,51
50	2,16	4,80
60	3,67	4,80
70	5,89	7,83
80	9,10	12,10
90	13,60	18,08
100	19,88	25,36

Примечания: 1. Таблица составлена для температуры воздуха в помещении $t_{п}=20$ °С и относительной влажности $\varphi=60\%$.

2. Скорость движения принимается:
при отсутствии боковых отсосов – 0,2 м/с;
при наличии боковых отсосов – 0,7 м/с.

Коэффициент теплопередачи К (приближенный) от жидкости к воздуху через стенки ванны

Теплота передается	Коэффициент К, Вт/м ²
От воды к воздуху при температуре воды, °С:	11,2
40	12,7
60	13,5
80	14,4
100	14,0
От пара к воздуху (калорифер)	

Параметры водяного пара в зависимости от температуры

Температура, °С	Давление, кгс/см ²	Плотность, кг/м ³	Теплота парообразования, кДж/кг
1	2	3	4
0	0,006228	0,004847	2502,7
5	0,008891	0,006793	2491,0
10	0,012513	0,009398	2479,2
15	0,017377	0,01282	2467,5
20	0,02383	0,01729	2455,3
25	0,03229	0,02304	2443,6
30	0,04325	0,03037	2431,9
35	0,05733	0,03962	2420,1
40	0,07520	0,05115	2408,0
45	0,09771	0,06544	2395,8
50	0,12578	0,08306	2384,1
60	0,2031	0,1302	2359,8
70	0,3178	0,1982	2335,1
80	0,4829	0,2934	2309,9
90	0,7149	0,4235	2284,4
100	1,0332	0,5977	2258,4
110	1,4609	0,8264	2231,6
120	2,0245	1,121	2204,4
130	2,7544	1,496	2175,9
140	3,685	1,966	2146,5
150	4,854	2,547	2116,0
160	6,302	3,258	2084,1
170	8,076	4,122	2051,0
180	10,225	5,157	2016,6
190	12,800	6,394	1980,2
200	15,857	7,862	1942,1
210	19,456	9,588	1901,8
220	23,659	11,62	1859,1
230	28,531	13,99	1814,3
240	34,140	16,76	1766,9
250	40,56	19,98	1716,6
260	47,87	23,72	1662,6
270	56,14	28,09	1605,6
280	65,46	33,19	1544,0
290	75,92	39,15	1477,4
300	87,61	46,21	1405,3
310	100,64	54,58	1326,1
320	115,12	64,72	1238,9
330	131,18	77,10	1140,5
340	148,96	92,76	1027,8
350	168,63	113,6	893,7