

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НАПЫЛЕНИЕМ

Сидашенко А. И., канд. техн. наук, Шерзукоев И.Г., канд. техн. наук, Нау-  
менко А.А., инженер

*(Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)*

*У статті наведено опис пристрою для одержання гремучого газу, описані результати досліджень по виявленню можливості визначення конструкторсько-технологічних параметрів пристрою. На основі проведених досліджень була розроблена спеціальна програма розрахунку енергетичного балансу пристрою на комп'ютері. За допомогою цієї програми були побудовані графіки впливу параметрів установки на енергетичний баланс.*

Испытываемый в настоящее время дефицит карбида кальция и дорогостоящего получения из него ацетилена обуславливают поиск и развитие новых процессов, в том числе газопламенной обработки металлов, для осуществления которых используют газы-заменители ацетилена. В качестве заменителя ацетилена можно применять водородно-кислородное пламя, получаемое при сжигании газовой смеси, производимой водородно-кислородными генераторами. Такая замена позволяет исключить необходимость в дорогостоящем баллонном хозяйстве, карбиде кальция и ацетиленовых генераторах, способствует экономии материальных и трудовых ресурсов, улучшению условий труда и уменьшению загрязненности окружающей среды, так как конечным продуктом при сжигании водородно-кислородной смеси является вода.

На кафедре "Ремонт машин" Харьковского Государственного Технического Университета сельского хозяйства была разработана установка для получения кислородно-водородной смеси [1]. Она относится к устройствам для получения гремучего газа, производимого при электролизе воды и может быть использована как при сварке и резке металлов, так и при восстановлении деталей газопламенным напылением и наплавкой.

Устройство для получения гремучего газа (рис. 1) содержит электролизер, фильтр пресного типа, с пакетом последовательно установленных электродов, между которыми установлены электроизоляционные прокладки. Питание устройства осуществляется через блок питания от сети 220В.

Полученный в результате электролиза гремучий газ накапливается в напорной емкости, создавая избыточное, по сравнению с атмосферным, давление. Из напорной емкости, проходя через осушитель, гремучий газ по шлангам и газовой арматуре поступает к потребителю.

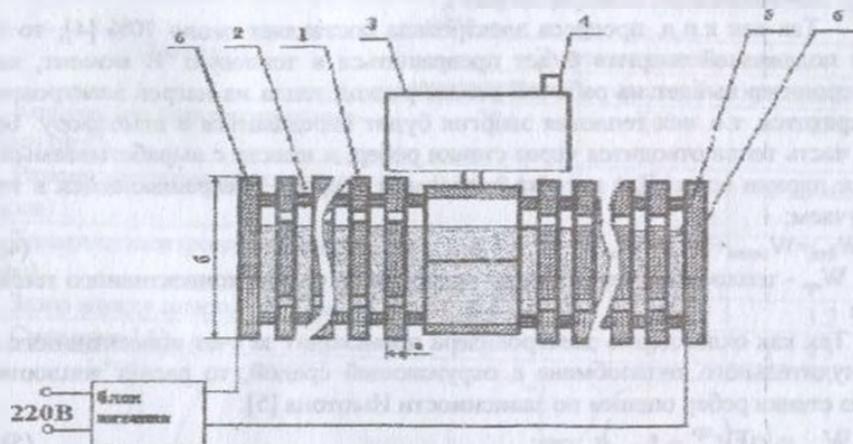


Рис.1 Схема устройства для получения гремучего газа

1-электродные пластины, 2-прокладки, 3-напорная ёмкость, 4-осушитель, 5-электролит, 6-электроды, а-толщина пластин, б-размер пластин.

Одним из основных показателей работоспособности устройства является температура электролита. При повышении температуры сверх допустимой будет повышаться влагосодержание газовой смеси, а при недостаточно прогревом электролите требуется больше энергии на получение газа, так как сопротивление электролизера больше. Энергетический баланс электролизера можно оценить следующим выражением:

$$W_{\text{вод}} - W_{\text{эл}} - W_{\text{отв}} = C\Delta t, \text{ где} \quad (1)$$

$W_{\text{вод}}$  - подводимая энергия (кДж);  $W_{\text{эл}}$  - энергия расходуемая на электролиз (кДж);  $W_{\text{отв}}$  - отводимая энергия превращающаяся в тепло (кДж);  $C$  - теплоемкость электролизера (кДж/К);  $\Delta t$  - изменение температуры электролита.

Из этого выражения видно, что устройство достигнет рабочей температуры в момент, когда  $\Delta t$  будет равно нулю. Оптимальная рабочая температура электролизера около  $70^{\circ}\text{C}$ . Рассмотрим более подробно составляющие приведенной зависимости (1)

$$W_{\text{вод}} = IUT \text{ [кДж]}, \text{ где:} \quad (2)$$

$I$  - ток (А);  $U$  - напряжение (В);  $T$  - время (с)

Напряжение разложения раствора NaOH на электродах при комнатной температуре с образованием газообразных  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  в качестве продуктов электролиза - 1.69В. Минимальное напряжение, при котором возможен процесс электролиза - 1.48В [2]. Так как в предложенном электролизере количество ячеек на единицу меньше, чем количество электродных пластин, то для расчета энергии расходуемой на электролиз получим

$$W_{\text{эл}} = 1,48(n-1)IT \text{ [кДж]} [3], \text{ где:} \quad (3)$$

$n$  - количество электродов (шт.);

Так как к.п.д. процесса электролиза составляет около 70% [4], то 30% всей подаваемой энергии будет превращаться в тепловую. В момент, когда электролизер выйдет на рабочий режим расход тепла на нагрев электролизера прекратится, т.е. вся тепловая энергия будет передаваться в атмосферу. Большая часть тепла отводится через стенки ребер, и вместе с вырабатываемым газом и парами воды. Для расчёта отводимой энергии превращающейся в тепло получаем:

$$W_{отв} = W_{газы} + W_{пар} + W_{оп} \quad (4)$$

$W_{оп}$  - теплоотвод через стенки оребрения в случае конвективного теплоотвода

Так как охлаждение электролизера происходит за счет конвективного или принудительного теплообмена с окружающей средой, то расчёт теплоотвода через стенки ребер оценим по зависимости Ньютона [5]:

$$W_{оп} = \alpha F (t_{оп}^{cp} - t_{окр}) \tau, \text{ где:} \quad (5)$$

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи при конвективном теплоотводе,  $\alpha = 8 + 11 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ;  $t_{оп}^{cp}$  - средняя температура поверхности ребер ( $^{\circ}\text{C}$ );  $F$  - площадь ребер и других теплоотводящих поверхностей ( $\text{м}^2$ );  $t_{окр}$  - температура окружающей среды ( $^{\circ}\text{C}$ );

При испарении жидкости, необходимая тепловая энергия (теплота испарения) соответствует теплоте парообразования [5].

$$W_{пар} = g_n V \Delta \tau \quad (6)$$

$W_{пар}$  - тепловая энергия, уносимая с паром.

$$g_n = 0,805 \frac{P}{P - p} (\text{кг/м}^3), \text{ где:}$$

$g_n$  - влагосодержание водяных паров;  $V$  - производительность электролизера;  $P$  - давление в электролизере;  $p$  - упругость водяных паров;  $\tau$  - удельная теплота парообразования;

$W_{газ}$  - теплоотвод с вырабатываемым газом оценим, как [5].

$$W_{газ} = C_p m \dot{\tau}, \text{ где:} \quad (7)$$

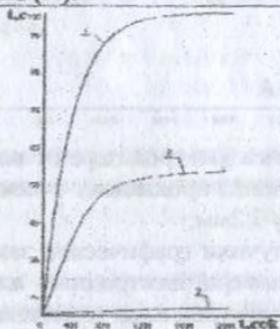
$m$  - масса вырабатываемого гремучего газа;  $C_p$  - теплоёмкость вырабатываемого газа.

Опираясь на эти зависимости, была разработана специальная программа расчета энергетического баланса электролизера. Разработанная программа расчета на ЭВМ, позволяет моделировать процесс и исследовать влияние каждого из параметров на эффективность работы установки, а также подобрать оптимальные параметры установки (толщину и размер электродных пластин, толщину прокладок, количество электродных пластин, а также ток, подаваемый на электролизер).

Для того, чтобы определить влияние одного из параметров на энергетический баланс электролизера подставим значения этого параметра в разработанную программу, оставив остальные параметры неизменными (таблица 1).

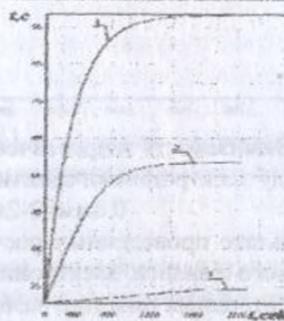
Таблица 1. Основные конструкторско-технологические параметры электролизёра

Параметр	Значение показателя		
	минимальное	среднее	максимальное
1. Количество электродных пластин (шт.)	70	110	150
2. Размер электродных пластин (м×м)	0.14×0.14	0.2×0.2	0.25×0.25
3. Толщина электродных пластин (мм)	0.1	0.8	1.5
4. Зазор между пластинами (мм)	0.8	2	3.2
5. Сила тока (А)	1	8	15



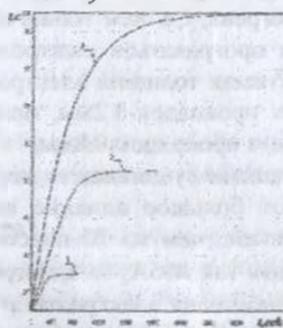
а)

1-минимально-допустимое количество 70 шт.; 2-оптимальное- 110 шт.; 3-максимально-допустимое 150 шт.



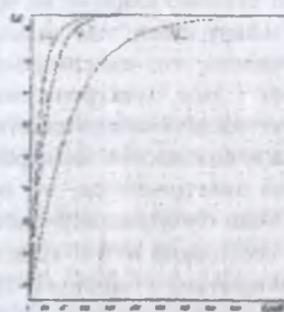
б)

1-ток 15А; 2-ток 8А; 3-ток 1А



в)

1-минимально-допустимый размер (0.148×0.148м); 2-оптимальный размер (0.2×0.2м); 3-максимально-допустимый размер (0.25×0.25м)



г)

1-минимально-возможная толщина - 0.1мм; 2-оптимальная толщина - 0.8мм; 3-толщина-1.5

Рис.2 Зависимость энергетического баланса электролизёра от: а) количества пластин; б) силы тока, подаваемого на электролизёр; в) размера электродных пластин; г) толщины электродных пластин

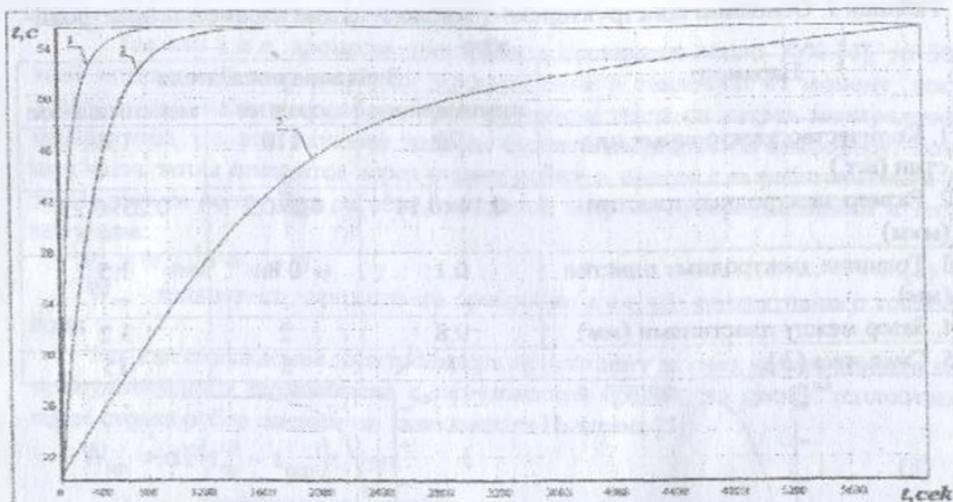


Рис.3 Зависимость энергетического баланса электролизера от зазора между электродными пластинами (толщина прокладок). 1-зазор 0.8мм; 2-2мм; 3-зазор 3.2мм;

В результате проведенных расчётов получили графические зависимости энергетического баланса электролизера от размера электродных пластин, от толщины электродных пластин, зазора между электродными пластинами, силы тока, подаваемого на электролизер и количества электродных пластин (рис. 2 а, б, в, г, 3).

Как видно из полученных графиков, величина зазора между электродными пластинами и толщина пластин не влияют на рабочую температуру электролизера. Наиболее значимо влияние на время прогрева, т.е. чем толще пластины и больше зазор между ними, тем дольше будет прогреваться электролизер. Эксперименты показали, что максимально-допустимая толщина электродных пластин составляет 1.5мм, электроизоляционных прокладок-3.2мм, при этом минимально-допустимая толщина пластин-0.1мм, а прокладок-0.8мм.

Сила тока и количество электродных пластин существенно не влияют на время прогрева электролизера, но оказывают большое влияние на рабочую температуру. Если электролизёр состоит меньше, чем из 70 пластин, или на электролизёр, состоящий из 110 пластин подать ток >16А, то электролит будет интенсивно испаряться и закипать. При установке на электролизёр более 150 пластин или подаче на него тока <1А температура электролизера практически не будет изменяться.

Большое влияние на энергетический баланс электролизера оказывает размер электродных пластин. Размер пластин 0.148x0.148м является критическим, так как в электролизёре с такими пластинами через час после включения происходит закипание электролита. Если взять пластины большего размера, электролизёр не будет нагреваться до нужной температуры. Как видно из графика оптимальными являются пластины с размером 0.17x0.17м. С этими пластинами

электролизёр прогреется до рабочей температуры за 25 мин. и это значительно экономит электроэнергию, затрачиваемую на работу установки.

### Список литературы

1. Патент Украины на изобретение №426 от 15 февраля 1993 года.
2. Л.М. Якименко и др. Электролиз воды. - М.: Химия 1984 240с.
3. Л.М. Якименко Производство водорода, кислорода, хлора и щелочей. - М.: Химия 1981 151с.
4. В.Н. Корж, С.Л. Дышко Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. -К.: Техника 1985 63с.
5. М.С.Ильюхин, Ф.Т. Сидоренков Основы теплотехники. - М.: Агропромиздат 1987 144с.

### Аннотация

**Расчёт параметров установки для получения водородно-кислородной смеси при реализации технологического процесса восстановления деталей напылением**

*В статье приведено описание устройства для получения гремучего газа, изложены результаты исследований по выявлению возможности определения конструкторско-технологических параметров устройства. На основе проведенных исследований была разработана специальная программа расчёта энергетического баланса устройства на компьютере. С помощью этой программы были построены графики влияния параметров установки на энергетический баланс.*

### Abstract

**Calculation of parameters of the unit for deriving oxyhydrogen mixture at embodying a master schedule of restoring of details by a spraying**

*In a paper the exposition of the device for deriving detonating gas is reduced, the results of explorations on detection of an opportunity of definition of design-engineering parameters of the device are explained. On a base of the carried out explorations the express program of calculation of the energy balance of the device on the digital computer designed. With the help of this program the graphs of influence of parameters of the unit on the energy balance were constructed.*