

DOI: 10.12737/22085

Аверкова О.А., д-р техн. наук, проф.,
 Крутикова Д.Н., магистрант,
 Логачев И.Н., д-р техн. наук, проф.,
 Логачев К.И., д-р техн. наук, проф.,
 Уваров В.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ В СПЕКТРЕ ДЕЙСТВИЯ БОРТОВОГО МЕСТНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОТСОСА*

kilogachev@mail.ru

Произведен расчет бортового отсоса от гальванической ванны различными методами. При помощи метода конформных отображений построены профили скоростей при разных размерах механического экрана. Показано влияние экрана на спектр всасывания. Найдена высота механического экрана, который исключает выделение в помещение паров с поверхности электролита, уменьшает количество удаляемого воздуха, а также снижает энергозатраты.

Ключевые слова: местный отсос, метод конформных отображений, гальваническая ванна

Данная статья является логическим продолжением статьи [1], где разработана математическая модель экранированного бортового отсоса, и относится к научному направлению снижения энергоемкости систем вентиляции [2–

4]. С использованием расчетных соотношений, полученных в указанной статье, построены профили вертикальной и горизонтальной составляющих скорости при разных размерах экрана (рис. 1–10).

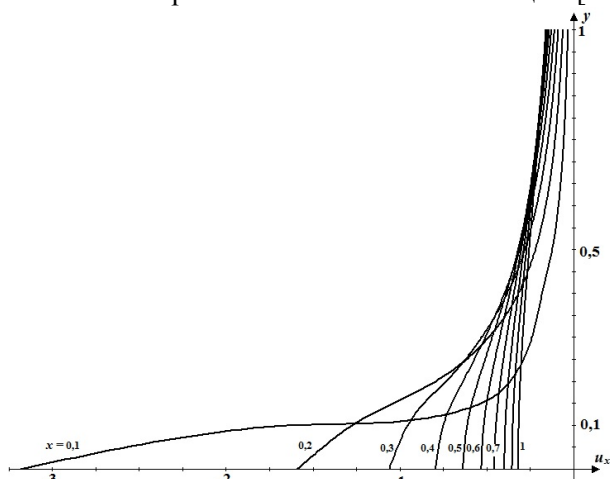


Рис. 1. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{\text{п}}=1, r=1, B=1, h=0$

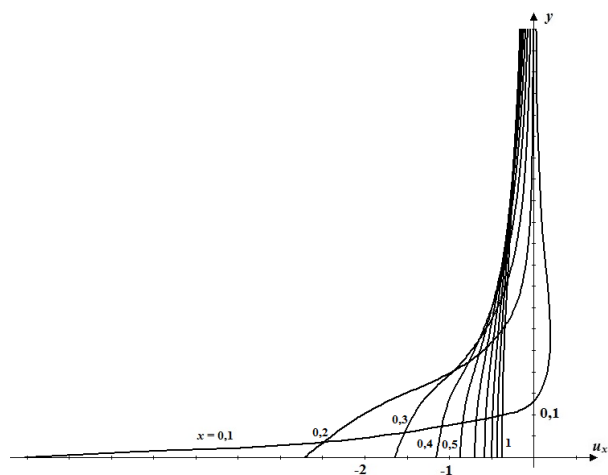


Рис. 3. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{\text{п}}=1, r=1, B=1, h=0,2\text{м}$

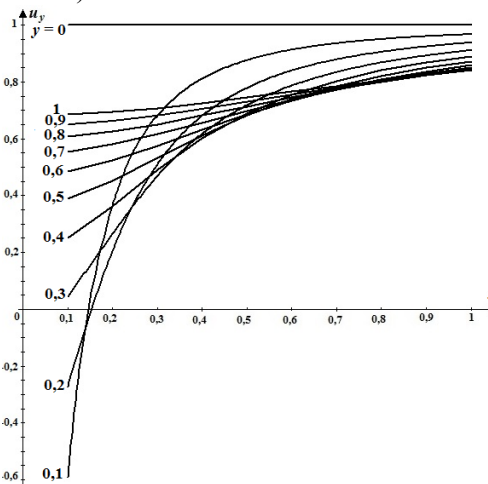


Рис. 2. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{\text{п}}=1, r=1, B=1, h=0$

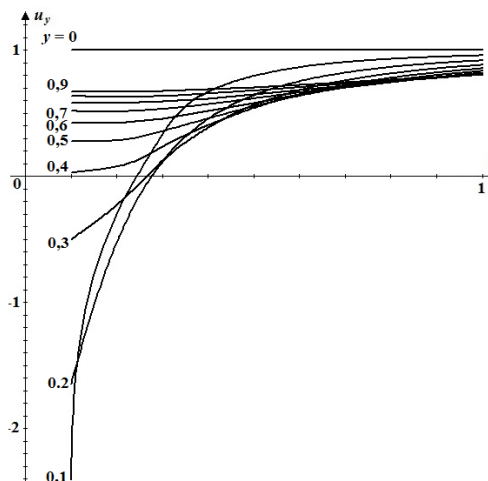


Рис. 4. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{\text{п}}=1, r=1, B=1, h=0,2\text{м}$

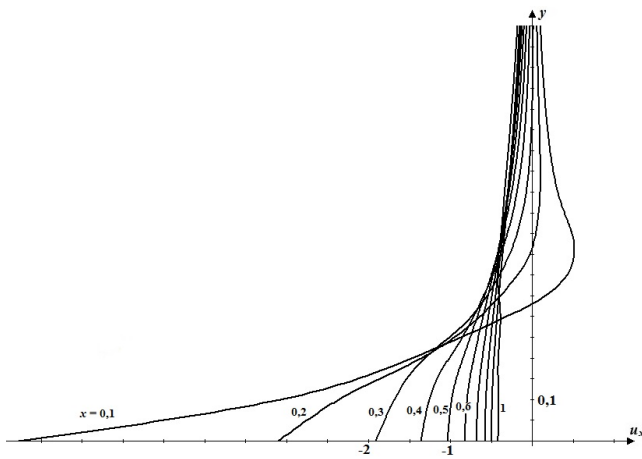


Рис. 5. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{п}=1, r=1, B=1, h=0,4\text{м}$

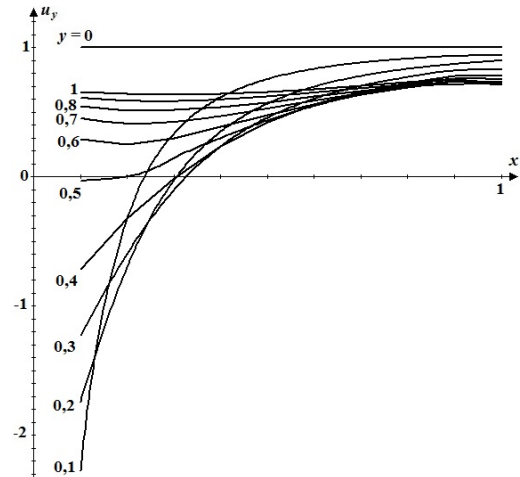


Рис. 6. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{п}=1, r=1, B=1, h=0,4\text{ м}$

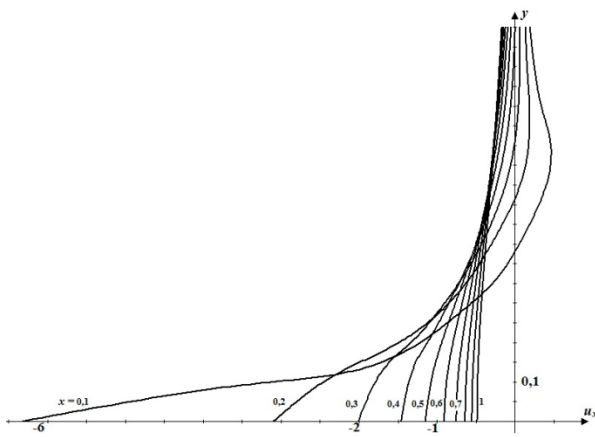


Рис. 7. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{п}=1, r=1, B=1, h=0,6\text{м}$

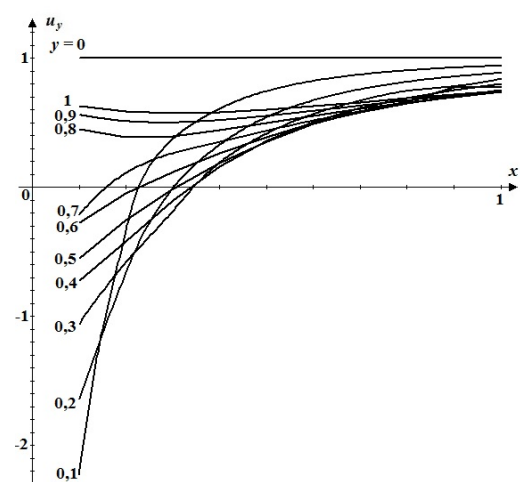


Рис. 8. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{п}=1, r=1, B=1, h=0,6\text{ м}$

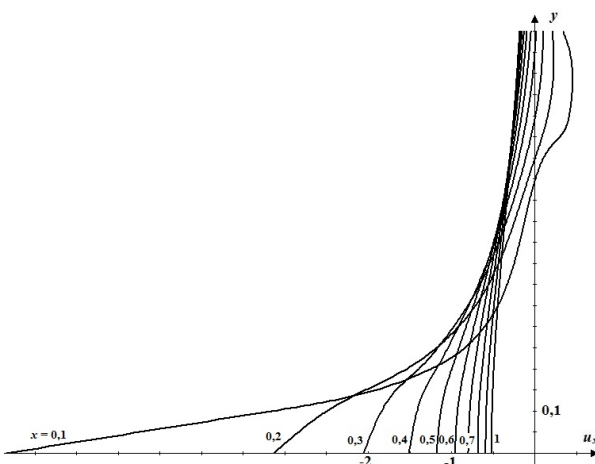


Рис. 9. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{п}=1, r=1, B=1, h=0,8\text{м}$

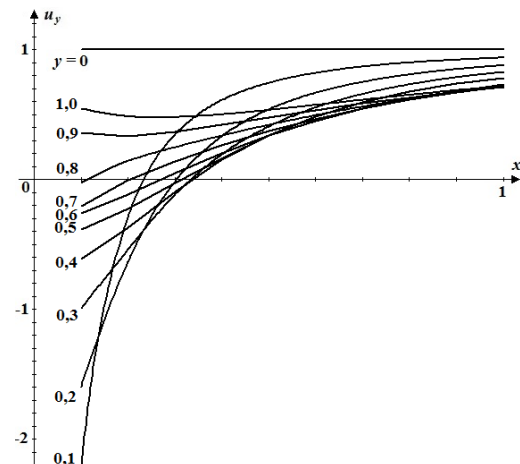


Рис. 10. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1, L_{п}=1, r=1, B=1, h=0,8\text{ м}$

Как видно из этих графиков сносящая скорость отсасываемого воздуха u_x возрастает по абсолютной величине при увеличении высоты экрана h . Например, при $h>0,2$ м горизонтальная составляющая скорости воздуха на расстоянии

$x>0,1$ м ($y=0$) превышает $bu_{п}$, где $u_{п}$ - скорость восходящего потока паров электролита (см. рис. 3,5,7,9). В зоне прорыва вредных паров при тех же $Q_0=L_{п}$ уменьшается область отрицательной величины скорости подъема паров и u_y увеличи-

вается при наличии экрана высотой уже более 0,2 м (см. рис. 2,4,6,8).

Определим требуемые объемы удаляемого воздуха для однобортового отсоса без экрана и с экраном. Расчет расхода отсасываемого воздуха произведем по методам ГИПРОНИИАВИА-ПРОМ и В.Н. Талиева. А затем сравним с результатами, полученными с помощью метода конформного отображения.

В качестве исходных данных для расчета используем технологические характеристики линий подготовки поверхности деталей перед операцией пассивирования деталей, а также параметры воздуха рабочей зоны (табл. 1), принятые по СанПин 2.2.4.548-96 и соответствующие категории работ по уровню энергозатрат 2а.

Таблица 1

Допустимые параметры внутреннего воздуха

Период года	Температура внутреннего воздуха $t_{в}$, °С	Относительная влажность внутреннего воздуха ϕ , %	Скорость движения воздуха v , м/с
Теплый	22,1–27	60	0,4
Холодный	17–18,9	15–75	0,1

Ванна обезжиривания, состав электролита: натрий едкий – 30–50 г/л, сода кальцинированная – 20–40 г/л, тринатрий фосфат – 30–50 г/л, жидкое стекло – 10–15 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 50 °С; ванна травления: соляная кислота – 150–350 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 10–25 °С; ванна глянцевое травления: азотная кислота – 410–430 г/л, серная кислота – 900–920 г/л, соляная кислота –

5–10 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 10–25 °С; ванна пассивирования: хромовый ангидрид – 70–90 г/л, серная кислота – 5–10 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 10–25 °С.

Расчет по методу ГИПРОНИИАВИА-ПРОМ

Для, свободно стоящей, ванны обезжиривания расход удаляемого воздуха составит [6]:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{B_p l}{B_p + l} + H_p \right)^{\frac{1}{3}} B_p \right] k_{\Delta t} k_T k_1 k_2 k_3 k_4, \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 1}{0,6 + 1} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,518 \cdot 1,6 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2585 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

То же для ванны травления:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 0,33}{0,6 + 0,33} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,108 \cdot 1,25 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1361 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

То же для ванны глянцевое травления:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 0,46}{0,6 + 0,46} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,108 \cdot 1,6 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1771 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

То же для ванны пассивирования:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 0,46}{0,6 + 0,46} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,108 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 984 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарный объем удаляемого воздуха $\Sigma L = 6701 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расчет по методу проф. В.Н. Талиева

Расчет выполняем для температуры воздуха в помещении 17 °С, Н – расстояние от оси щели до уровня электролита примем равное 0. Согласно графику линий тока при $\frac{L_0}{L_n} = 2$, $\Delta H = 0,2284$ [5]. Находим L_n , для этого определим \bar{H} , $\Delta \bar{H}$, $\frac{L_0}{L_n}$, α , Q_0 , и.

Для ванны обезжиривания:

$$\bar{H} = \frac{H}{b} = \frac{0}{1} = 0,$$

$$\Delta \bar{H} = \frac{\Delta H}{b} = \frac{0,2284}{1} = 0,2284,$$

$$\frac{L_0}{L_n} \approx 1,8944,$$

$$\alpha = 2,05 \cdot (t_{ж} - t_{в})^{\frac{1}{3}} = 2,05 \cdot (50 - 17)^{\frac{1}{3}} = 6,57 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \text{°С},$$

$$Q_0 = \frac{\alpha b (t_{ж} - t_{в})}{1000} = 6,57 \cdot 1 \cdot \frac{50 - 17}{1000} = 0,217 \text{ кВт},$$

$$u = 0,155Q_0^{\frac{1}{3}} = 0,155 \cdot 0,217^{\frac{1}{3}} = 0,09 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$L_{\text{п}} = 3600abu = 3600 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,09 = 402,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

$$L_0 = 1,8944 \cdot 402,4 = 762 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Для ванны травления, глянцевого травления и пассивирования:

$$\bar{H} = \frac{0}{1} = 0,$$

$$\Delta\bar{H} = \frac{0,2284}{1} = 0,2284,$$

$$\frac{L_0}{L_{\text{п}}} \approx 1,8944,$$

$$\alpha = 2,05 \cdot (25 - 17)^{\frac{1}{3}} = 4,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \text{°С},$$

$$Q_0 = 4,1 \cdot 1 \cdot \frac{25 - 17}{1000} = 0,033 \text{ кВт},$$

$$u = 0,155 \cdot 0,033^{\frac{1}{3}} = 0,05 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$L_{\text{п}} = 3600 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,05 = 216 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

$$L_0 = 1,8944 \cdot 216 = 409 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Суммарный объем удаляемого воздуха $\Sigma L_0 = 1989 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расчет экранированного однобортового отсоса

В методике В.Н. Талиева ванна расположена у стены, т.е. имеет бесконечный экран, соотношение $\frac{L_0}{L_{\text{п}}} \approx 1,8944$. В производстве случаи расположения ванны у стены встречаются очень редко. Мы же получили соотношение $\frac{L_0}{L_{\text{п}}} = 2$, установив экран $h=0,8\text{м}$; L_0 для экранированного бортового отсоса для ванн: обезжиривания – $804,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, травления, глянцевого травления и пассивирования – $432 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$. Суммарный объем удаляемого воздуха $\Sigma L_0 = 2100 \text{ м}^3/\text{ч}$, что в 3

раза меньше чем расчетный объем удаляемого воздуха по методике ГИПРОНИИАВИАПРОМ.

Заключение. Для того чтобы поддерживать требуемые условия микроклимата в гальванических цехах нужны эффективные местные отсосы. На сегодняшний день существуют различные методики расчета и большое количество конструкций бортовых отсосов. Нередко расходы удаляемого воздуха или завышены, или занижены. В первом случае имеем высокий расход электроэнергии, во втором нарушение требований к воздуху рабочей зоны. В работе показано влияние экрана на спектр всасывания. Правильно подобранная высота экрана ($h \approx 0,8\text{В}$) исключает выделение в помещение паров с поверхности электролита, уменьшает количество удаляемого воздуха, а также снижает энергозатраты.

*Исследования выполнены по гранту РФФИ №16-08-00074а

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверкова О.А., Крутикова Д.Н., Логачев И. Н., Логачев К.И., Уваров В. А., Математическое моделирование течения вблизи экранированного бортового отсоса// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. №9. С. 96–102.
2. Киреев В.М., Минко В.А. Разработка аспирационных укрытий и инженерной методики их расчета// Безопасность труда в промышленности. 2013. № 2. С. 42-46.
3. Минко В.А., Юров Ю.И., Овсянников Ю.Г. Нагнетатели в системах теплогазоснабжения и вентиляции// Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 10. С. 86–87.
4. Маконин А.Л., Семенов А.С. Бункеры силосного типа //Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 42–43.
5. Талиев В.Н.. Аэродинамика вентиляции. М.: Стройиздат, 1979, 295 с.
6. Рекомендации по проектированию отопления и вентиляции гальванических и травильных цехов. ГИПРОНИИАВИАПРОМ, 1989. 78 с.

Averkova O.A., Krutikova D.M., Logachev I.N., Logachev K.I., Uvarov V.A.

CALCULATION OF FLOW IN THE SPECTRUM OF ACTION AIRBORNE LOCAL VENTILATION SUCTION

The paper calculated the board extraction from the electroplating bath by various methods. Using the method of conformal mappings built velocity profiles for different sizes of the mechanical screen. Displaying the screen effect on the spectrum of absorption. Found height mechanical screen, which eliminates the vapor space in the allocation to the electrolyte surface, reduces the amount of exhaust air, and reduces power consumption.

Key words: local suction, the method of conformal mapping, galvanic bath.

Аверкова Ольга Александровна, доктор технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: olga_19572004@mail.ru

Крутикова Дарья Михайловна, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Логачев Иван Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: logachevin@mail.ru

Логачев Константин Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: kilogachev@mail.ru

Уваров Валерий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: v_a_uvarov@mail.ru