

# **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

**Штырев О.О., Протасов В.Н. РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина**

# **ФУНКЦИИ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА**

**1. Уменьшение шероховатости поверхностей проточных каналов для снижения гидравлического сопротивления и, как результат этого, уменьшения энергозатрат на перекачку транспортируемой среды**

## Шероховатость покрытия, обеспечивающая гидравлически гладкое течение жидкости в проточных каналах рабочих ступеней насоса с покрытием

$$\Delta_{\text{ПК}} \leq \delta \text{ п.л.},$$

где  $\Delta_{\text{ПК}}$  — шероховатость покрытия;  $\delta \text{ п.л.}$  — толщина ламинарного подслоя  
 $\delta_{\text{п.л.}} = \frac{N\nu}{v_0} \sqrt{\frac{8}{\lambda}}$  ; N - коэффициент; для воды  $N = 11,6$ ;  $v_0$  - скорость набегающего потока;

$$v_0 = 0,8 \sqrt[3]{Qn^2} \quad \begin{array}{l} Q - \text{подача;} \\ n - \text{частота} \\ \text{вращения;} \end{array}$$

$\lambda$  - коэффициент сопротивления

$$\lambda = 1/(1,81 \lg \text{Re} - 1,5)^2$$

**Для приближенного расчета наименьшей толщины покрытия в  
проточных каналах гидравлической части насоса может быть  
использовано уравнение**

$$\delta_{\min}^{нк} = R_{зл} - \delta \quad ,$$

где  $R_z$  — параметр шероховатости поверхности.

## **2. Защита деталей гидравлической части насоса от коррозионного разрушения**

**Норма на максимально допустимую скорость коррозии металла с покрытием в эксплуатационной среде в течение регламентированного ресурса насоса**

$$v_M^{ПК} \leq \frac{\Delta\delta_M}{\tau_p}$$

где  $\Delta\delta_M$  - допустимое уменьшение толщины металла или допустимая глубина питтинга;

$\tau_p$  - регламентированный ресурс насоса

### **3. Защита неподвижных разъемных соединений в гидравлической части насоса, подвергающихся действию циклических нагрузок вибрации, от фреттинг-коррозии**



**4. Предотвращение образования значительных отложений  
смолопарафинов и минеральных солей на поверхностях проточных  
каналов**

**Норма на удельное усилие сдвига твердых отложений, при котором обеспечивается их срыв потоком перекачиваемой жидкости**

$$[q_{сд}] \leq \frac{(P_1 - P_2) \cdot a}{2 \cdot L}$$

где  $[q_{сд}]$  -удельное усилие сдвига;  $a$ -наименьший поперечный размер канала;  $L$  – длина канала;  $(P_1 - P_2)$  – перепад давления

## **5. Защита поверхностей проточных каналов от коррозионно-эрозионного и коррозионно-гидроабразивного износа**

## Норма на максимально допустимую скорость изменения толщины покрытия при эрозионном и гидроабразивном изнашивании

$$v_{из} \leq \frac{\Delta\delta_{доп}^{нк}}{\tau_p}$$

где  $v_{из}$  - скорость изменения толщины покрытия;

$\Delta\delta_{доп}^{нк}$  - допустимое изменение толщины покрытия

$\tau_p$  – регламентированный ресурс насоса

**Применение покрытия позволяет также существенно снизить затраты на производство и ремонт деталей рабочей ступени насоса за счет замены нержавеющей стали на углеродистую с защитным покрытием.**

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ НА ИХ  
ОСНОВЕ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ СТУПЕНЕЙ**

**Двухслойные покрытия с подслоем из жидкой эпоксидно-фенольной  
грунтовки и покрывным слоем их эпоксидных или полиамидных  
порошковых материалов**

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**



**1. Нанесение подслоя из низковязкой жидкой грунтовки методом пневматического напыления с последующим нагревом изделия для частичной полимеризации грунтовочного слоя и нагрева под покрывной слой из порошкового материала**

**2. Нанесение покрывного слоя из порошкового материала методом пневматического напыления с последующим нагревом для отверждения покрытия**

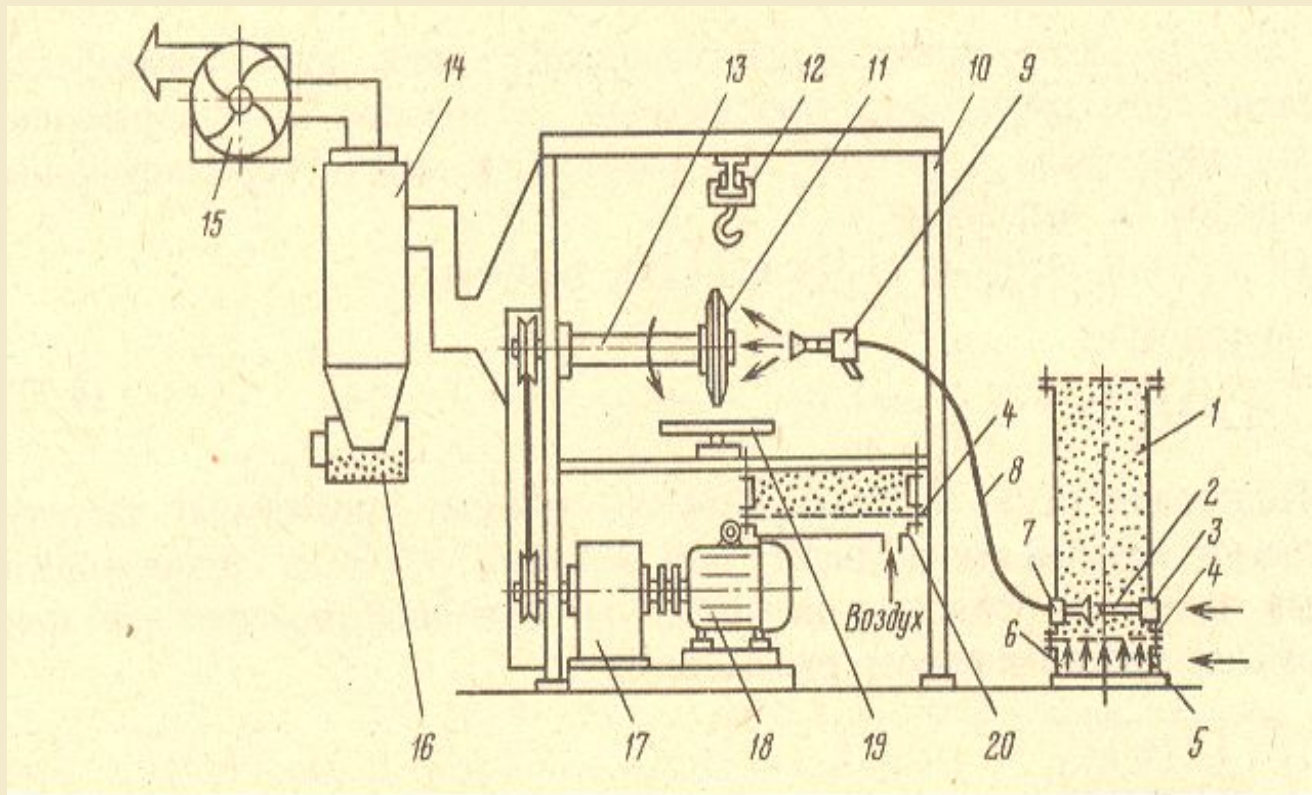
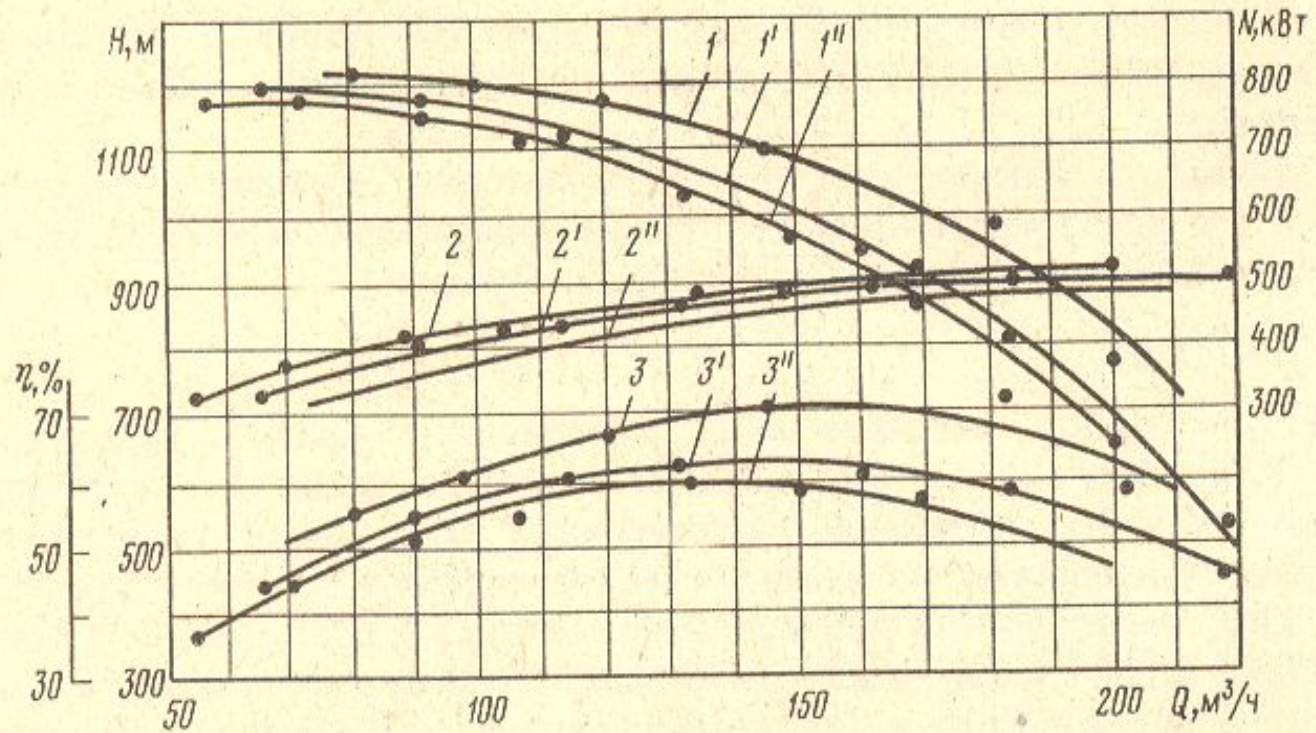


Схема установки для напыления порошковых материалов на детали насосов:

1 — порошковый материал; 2, 7 — эжектор; 3, 5 — штуцеры для подачи воздуха; 4 — пористая перегородка; 6 — пневмокамера; 8 — шланг; 9 — распылитель; 10 — камера для напыления; 11 — окрашиваемое изделие; 12 — подвеска для изделий; 13 — вращающаяся оправка; 14 — рукавный фильтр; 15 — вентилятор; 16 — сборник порошка; 17 — редуктор; 18 — электродвигатель, 19 — поворотный стол; 20 — ванна с псевдоожиженным слоем порошка.

**ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С  
ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ РАБОЧИХ СТУПЕНЕЙ  
НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ**

**Повышение К.П.Д. насоса типа ЦНС-180 на 6-8%**

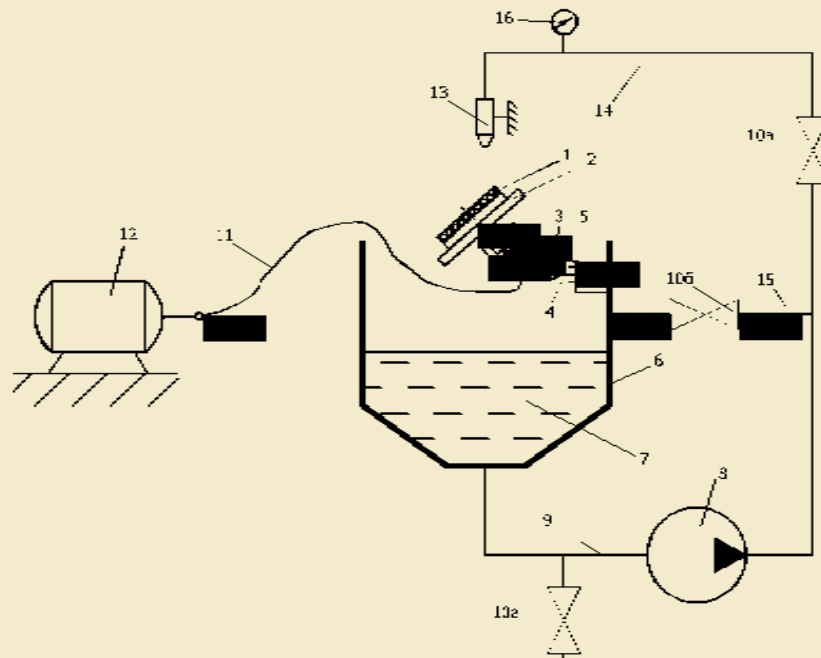


Технические характеристики центробежного насоса без покрытия (кривые 1'', 2'', 3''), с покрытием дисковых поверхностей рабочих колес (кривые 1', 2', 3') и всех поверхностей рабочих ступеней (кривые 1, 2, 3):

1, 1', 1'' — напор  $H$ , создаваемый насосом; 2, 2', 2'' — мощность насоса  $N$ ; 3, 3', 3'' — к. п. д насоса.

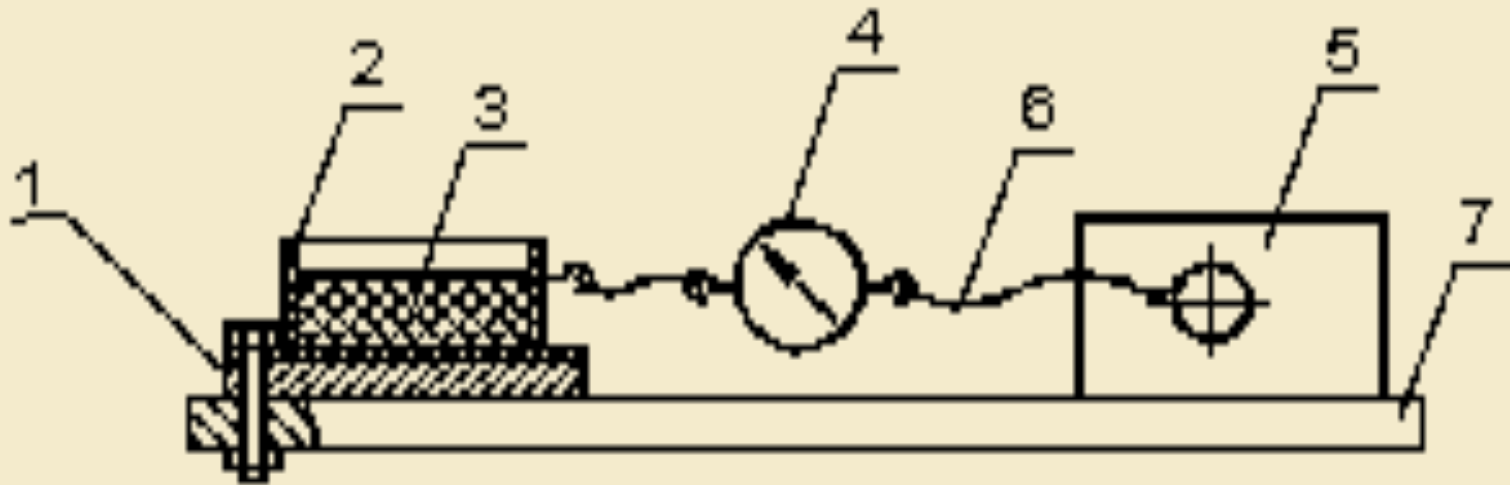
**Повышение ресурса насоса в 2-3 раза при перекачке высокоминерализованной сероводородсодержащей сточной воды с твердыми механическими примесями до 90 мг/л и скорости течения потока до 25-30 м/с**

# Схема установки для испытания покрытий на гидроабразивный износ



1 – образец с покрытием; 2 – столик, вращающийся с постоянным магнитом для крепления образца; 3 – шарнирное устройство для изменения угла наклона оси столика к оси сопла; 4 – державка столика для его перемещения относительно оси сопла; 5 – винт стопорный; 6 – бак; 7 – модельная абразивная жидкость; 8 – насос; 9 – трубопровод всасывающий; 10 – задвижка; 11 – гибкий вал; 12 – электродвигатель; 13 – сопло; 14 – трубопровод нагнетательный; 15 – байпасная линия; 16 - манометр

## Схема установки для определения усилия сдвига АСПО относительно покрытия



1 – образец с покрытием, 2 – форма для формирования АСПО , 3 – АСПО, 4 – динамометр, 5 – электродвигатель с регулируемой частотой вращения, 6 – трос, 7 – опорная плита.



## Методика назначения нормы на адгезионную прочность покрытия при регламентированном сроке его службы

$$\begin{cases} \sigma_{ад}(\tau_1) = \sigma_{к.ад} \left[ 1 - \left( \frac{\tau_1}{\tau_{ст.ад}} \right)^{0,083} \right] \\ \sigma_{ад}(\tau_2) = \sigma_{к.ад} \left[ 1 - \left( \frac{\tau_2}{\tau_{ст.ад}} \right)^{0,083} \right] \end{cases}$$

$$K = \frac{\sigma_{ад}(\tau_2)}{\sigma_{ад}(\tau_1)}$$

$$\tau_{ст.ад} = \tau_0 \cdot e^{\frac{\sigma_{к.ад} \cdot \gamma}{R \cdot T}}$$

$$K = \frac{1 - \left( \frac{\tau_2}{\tau_{ст.ад}} \right)^{0,083}}{1 - \left( \frac{\tau_1}{\tau_{ст.ад}} \right)^{0,083}}$$

$K \geq 0,92$  при  $\tau_{ст.ад} = 2$  года,  
 $\tau_1 = 70$  сут.,  $\tau_2 = 100$  сут.