#### 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



1. Уменьшение шероховатости поверхностей проточных канало снижения гидравлического сопротивления и, как результат эт уменьшения энергозатрат на перекачку транспортируемой сре	ого,

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

$$\Delta_{\Pi K} \leq \delta$$
 п.л.,

где  $\Delta_{\Pi K}$  — шероховатость покрытия;  $\delta$  п.л. — толщина ламинарного подслоя

$$\delta_{_{II.JI.}} = \frac{N \nu}{\nu_{_0}} \sqrt{\frac{8}{\lambda}}$$
 ; N - коэффициент; для воды  $N$  = I I,6;  $\nu_{_0}$  - скорость набегающего

$$U_0 = 0.8 \sqrt[3]{Qn^2}$$
 Q- подача; n- частота вращения;

$$\lambda$$
 - коэффициент сопротивления

$$\lambda = 1/(1.8 \log \text{Re} - 1.5)^2$$

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

$$\delta_{\min}^{n\kappa} = R_{n\pi} - \delta$$
 ,

где  $R_{_{7}}$  — 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

$$v_{M}^{\Pi K} \leq \frac{\Delta \delta_{M}}{\tau_{p}}$$

где  $\Delta \delta_{\scriptscriptstyle M}$ - допустимое уменьшение толщины металла или допустимая глубина питтинга;

 $au_p$  - 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

$$\left[q_{\mathrm{c}_{\mathcal{I}}}\right] \leq \frac{(P_1 - P_2) \cdot a}{2 \cdot L}$$

где [q<sub>сд</sub>] -удельное усилие сдвига; а-наименьший поперечный размер

канала; L - длина канала; (P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>) - перепад давления

5. Защита поверхностей проточных каналов от коррозионноэрозионного и коррозионно-гидроабразивного износа

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

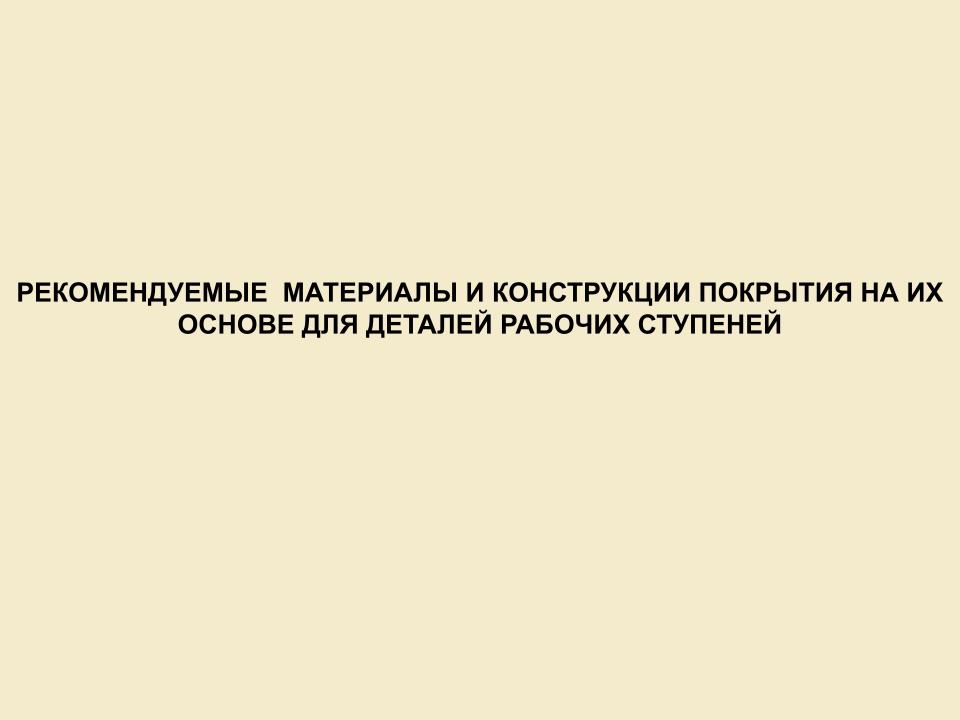
$$v_{u3} \leq \frac{\Delta \delta_{\partial on}^{n\kappa}}{\tau_{p}}$$

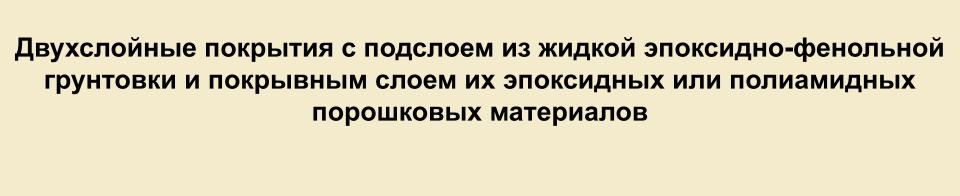
где  $\mathcal{U}_{u3}$  - скорость изменения толщины покрытия;

 $\Delta \delta_{\partial on}^{n\kappa}$  - 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.







- .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

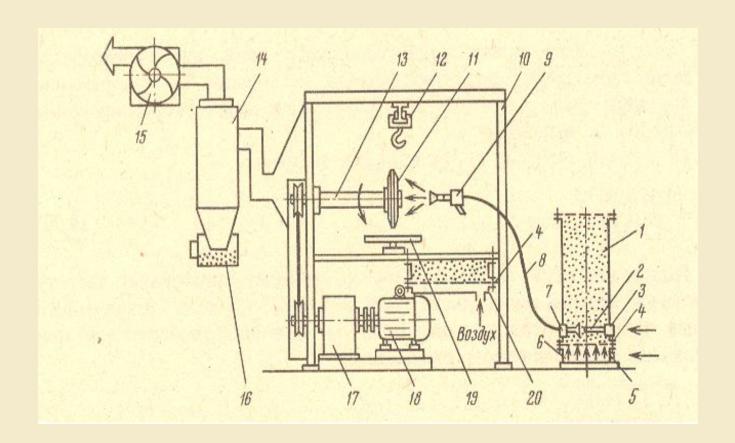
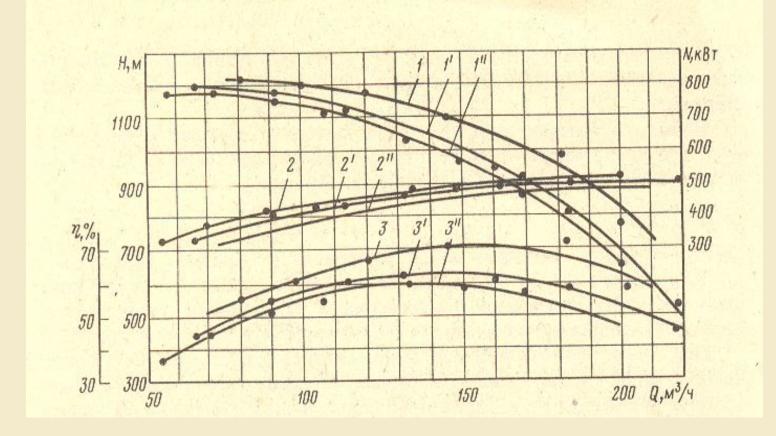


Схема установки для напыления порошковых материалов на детали насосов:

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; 10 — 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%

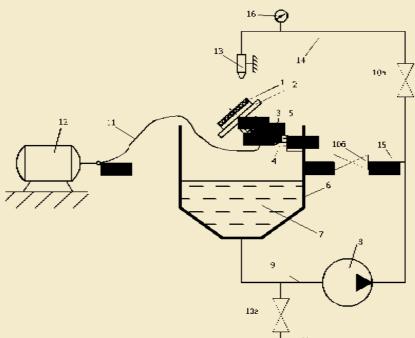


Технические характеристики центробежного насоса без покрытия (кривые I", 2", 3"), с покрытием дисковых поверхностей рабочих колес (кривые 1', 2', 3') и всех поверхностей рабочих ступеней (кривые 1, 2, 3):

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

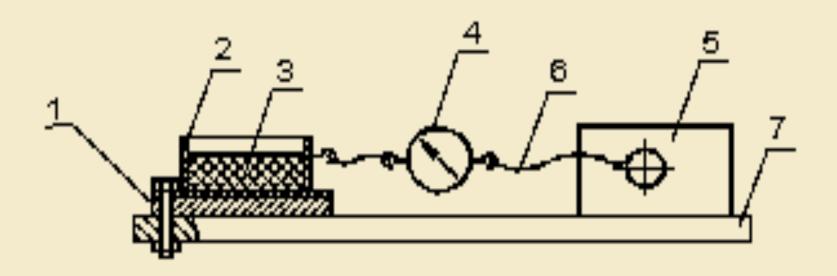
Повышение ресурса насоса в 2-3 раза при перекачке высокоминерализованной сероводородсодержащей сточной воды с твердыми механическими примесями до 90 мг/л и скорости течения потока до 25-30 м/с

## 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

$$\begin{cases} \sigma_{\text{ад}}(\tau_{1}) = \sigma_{\text{к.ад}} \left[ 1 - \left( \frac{\tau_{1}}{\tau_{\text{ст.ад}}} \right)^{0,083} \right] \\ \sigma_{\text{ад}}(\tau_{2}) = \sigma_{\text{к.ад}} \left[ 1 - \left( \frac{\tau_{2}}{\tau_{\text{ст.ад}}} \right)^{0,083} \right] \end{cases} \quad K = \frac{1 - \left( \frac{\tau_{2}}{\tau_{\text{ст.ад}}} \right)^{0,083}}{1 - \left( \frac{\tau_{1}}{\tau_{\text{ст.ад}}} \right)^{0,083}}$$

$$K = rac{1 - \left(rac{ au_2}{ au_{ ext{ct.ад}}}
ight)^{0,083}}{1 - \left(rac{ au_1}{ au_{ ext{ct.ад}}}
ight)^{0,083}}$$

$$K = \frac{\sigma_{\mathrm{a}\mathrm{f I}}( au_2)}{\sigma_{\mathrm{a}\mathrm{f I}}( au_1)}$$

$$au_{ ext{cт.ад}} = au_0 \cdot e^{rac{\sigma_{ ext{к.ад}} \cdot oldsymbol{\gamma}}{R \cdot T}}$$

K≥0,92 при т<sub>ст.ад</sub>=2 года, т<sub>1</sub>=70 сут., т<sub>2</sub>=100 сут.