



ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»

# ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

д.т.н. А.М. ЛЫКОВ [alykov49@mail.ru](mailto:alykov49@mail.ru) ,

д.т.н. Д. А. Шаповалов

[shapoval\\_ecology@mail.ru](mailto:shapoval_ecology@mail.ru)

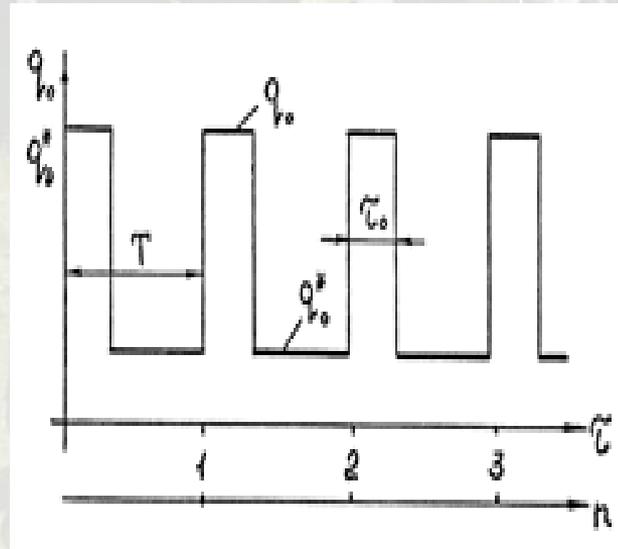
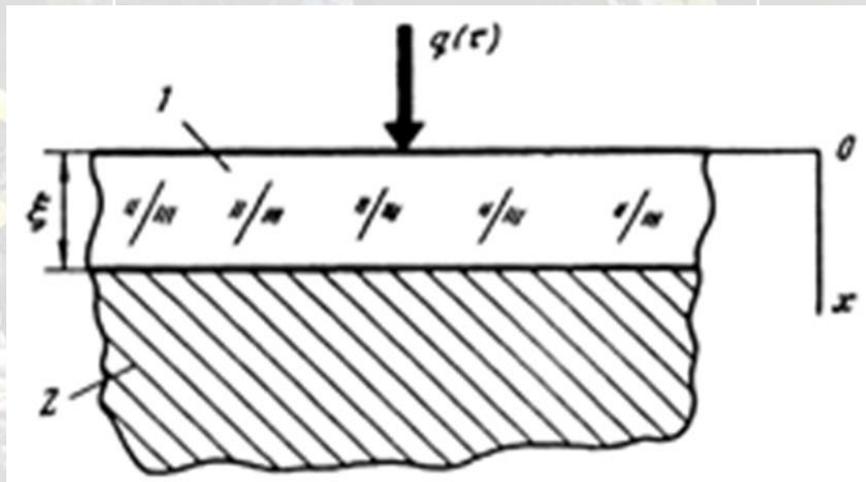
# ВВЕДЕНИЕ

Создание различных специальных покрытий (гидроизоляционных, антикоррозионных, защитно-декоративных) на строительных материалах, которые должны улучшить их эксплуатационные характеристики, а также архитектурную выразительность является важной проблемой в химической промышленности при получении антикоррозионных покрытий на материалах для футеровки аппаратов химических производств, в атомной промышленности на материалах, применяемых при захоронении радиоактивных отходов, а также в строительной индустрии. Одним из методов получения таких покрытий является плазменная технология.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ

- Для решения вышеназванной проблемы необходимо:
- разработать плазменную технологию и оборудование для получения покрытий на строительных материалах,
  - исследовать характеристики получаемых покрытий,
  - разработать методы расчета процесса получения покрытий для оптимизации параметров плазменного процесса,
  - внедрить в производство плазменную технологию.

## Теоретические исследования Схема воздействия теплового потока на материал



## Движение фронта плавления в безразмерном виде

$$\begin{aligned}
 & \left( 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{\mu_n} e^{-\mu_n^2 \frac{U^2}{V^2}} \right) + l\alpha \left( 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{\mu_n} e^{-\mu_n^2 \left( \frac{U^2}{V^2} - \frac{C}{V^2} \right)} \right) - \\
 & - l \left( 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{\mu_n} e^{-\mu_n^2 \left( \frac{U^2}{V^2} - \frac{C}{V^2} \right)} \right) + \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi} U} \left( e^{-\sqrt{\frac{\alpha_1}{\alpha_2}} V} - 1 \right) - \right. \\
 & \left. - e^{-\sqrt{\frac{\alpha_1}{\alpha_2}} V + U^2} \operatorname{erfc}(U) \right] = \sqrt{\frac{\alpha_1}{\alpha_2}} \frac{l}{L} \frac{dV}{dU}
 \end{aligned}$$

## Обозначения в решении

где  $U = RKi\sqrt{Fo_1}$ ;  $V = RKi$ ;  $Ki$ ,  $Fo$  – критерии Кирпичева и Фурье;

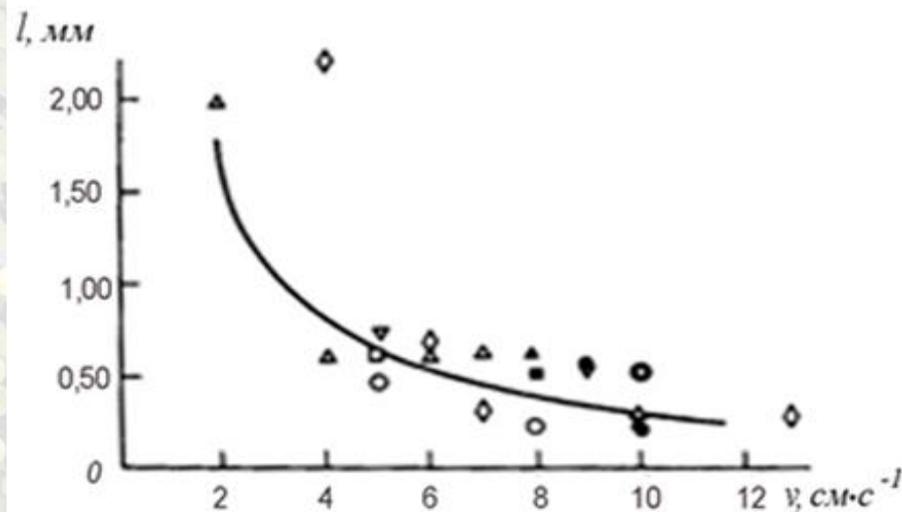
$$C = \frac{a_1 Q^2 R^2 \tau_o}{\lambda_1^2 T_n^2}, \quad R = \sqrt{\frac{a_2}{a_1} \frac{\lambda_1}{\lambda_2}} = \sqrt{\frac{\lambda_1 \rho_1 c_1}{\lambda_2 \rho_2 c_2}}; \quad \bar{L} = \frac{L}{\rho_2 c_2 T_n};$$

$R$  – безразмерный параметр (соотношение теплофизических характеристик расплава и материала);  $\bar{L}$  – безразмерная теплота плавления материала (аналог критерия Коссовича), которая равна отношению теплоты фазового перехода к энтальпии материала при его температуре плавления.

## Влияние скорости обработки на толщину оплавленного слоя

$$\xi = R \frac{Q \alpha_1 \tau_0}{\lambda_1 T_m \eta}$$

$\eta = 0,63$  (для параметров плазменного нагрева).



## Экспериментальные исследования

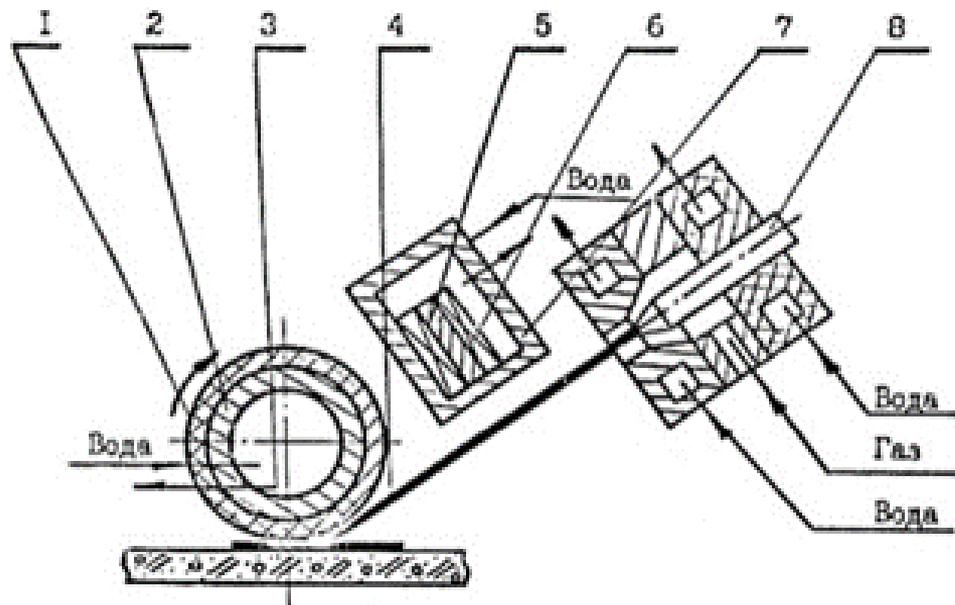


Схема плазменного генератора с вынесенной электрической дугой, управляемой магнитными полями. 1 – графитовый анод, 2 – корпус анода, 3 – обрабатываемый материал, 4 – электрическая дуга, 5 – сердечник, 6 – отклоняющая магнитная система. 7 – корпус отклоняющей магнитной системы, 8 – катодный узел.

## Измерение тепловых потоков

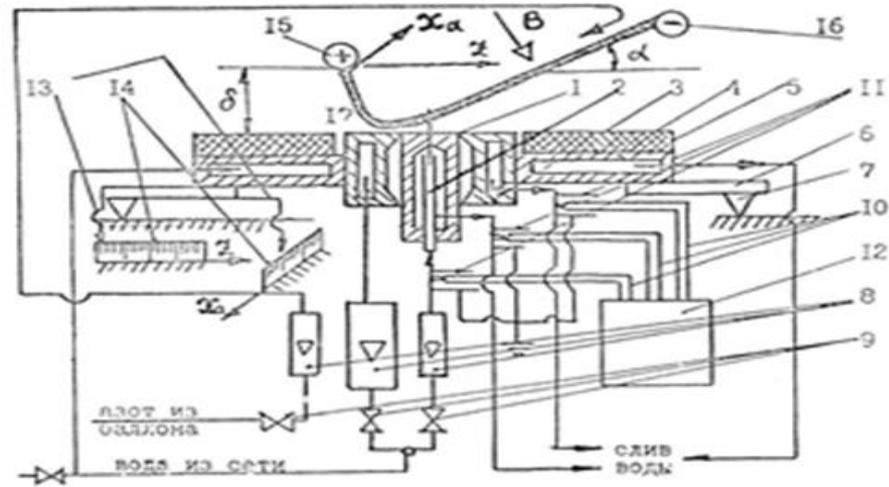
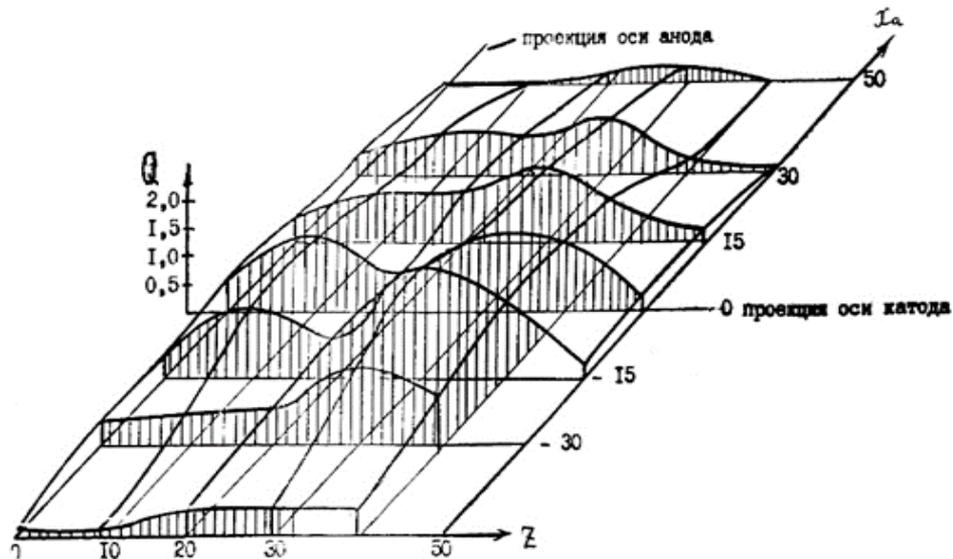


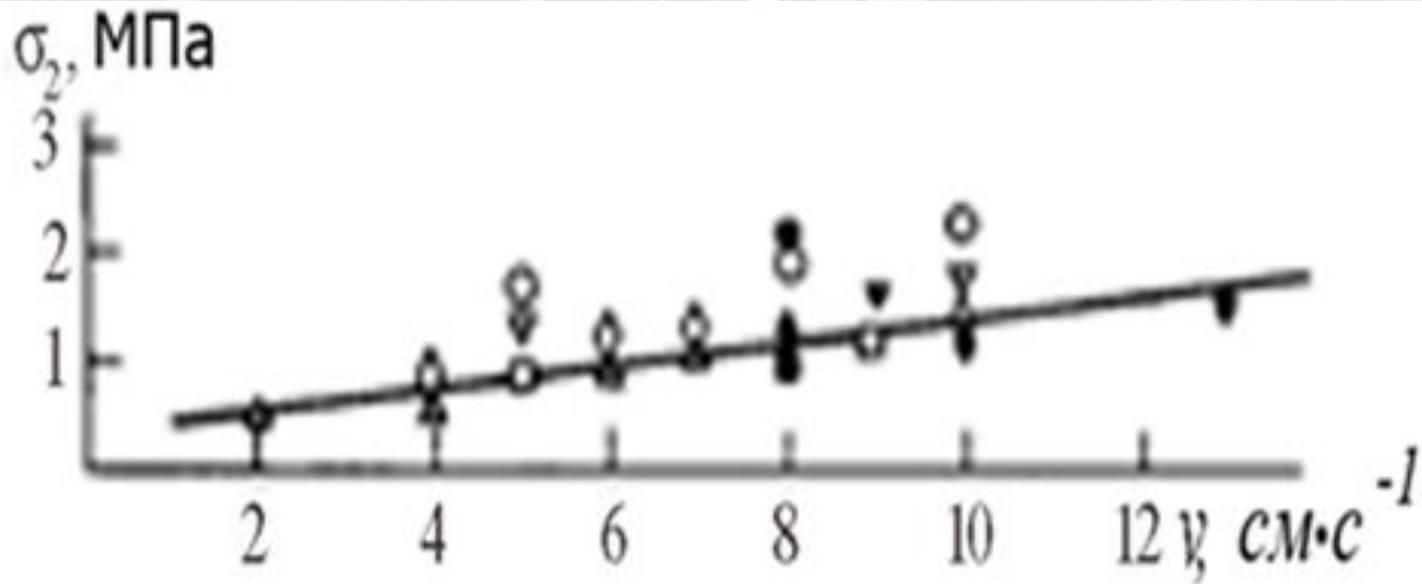
Схема экспериментальной установки: 1 – датчик, 2 – игла, 3 – экран датчика, 4 – фланец водоохлаждаемый, 5 – пластина графитовая, 6 – плита асбоцементная, 7 – стол, 8 – ротаметры, 9 – вентили регулирующие, 10 – термопары хромель-копель, 11 – чехлы термопар металлические, 12 – автоматический потенциометр КСП-4, 13 – указатели положения оси датчика по Z и  $\alpha$ , 14 – шалы, 15 – анод, 16 – катод, 17 – электрическая дуга.

## Эпюра тепловых потоков

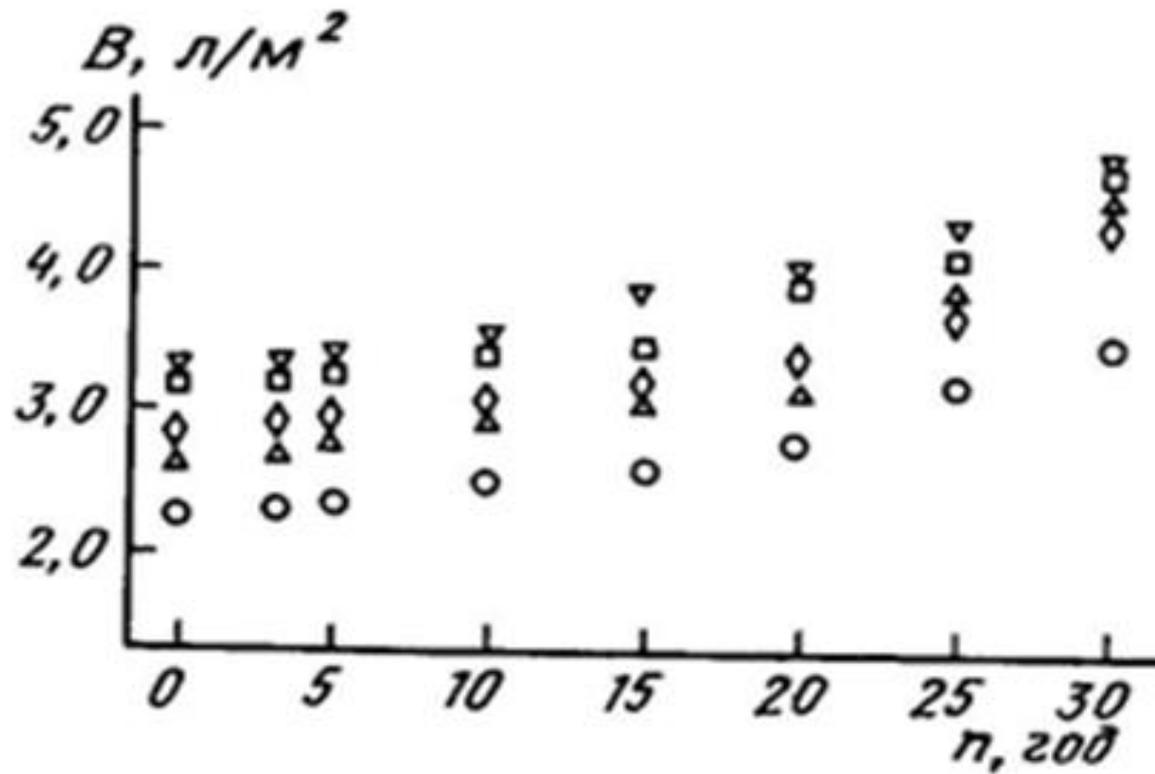


Распределение теплового потока на поверхности материала.  
 Частота сканирования-50 Гц, расход плазмообразующего газа-0,9  
 $\text{нм}^3/\text{час}$ , ток электрической дуги-400 А,  $Q$ -удельный тепловой  
 поток,  $\text{kВт}/\text{см}^2$ ;  $z, x$ , мм

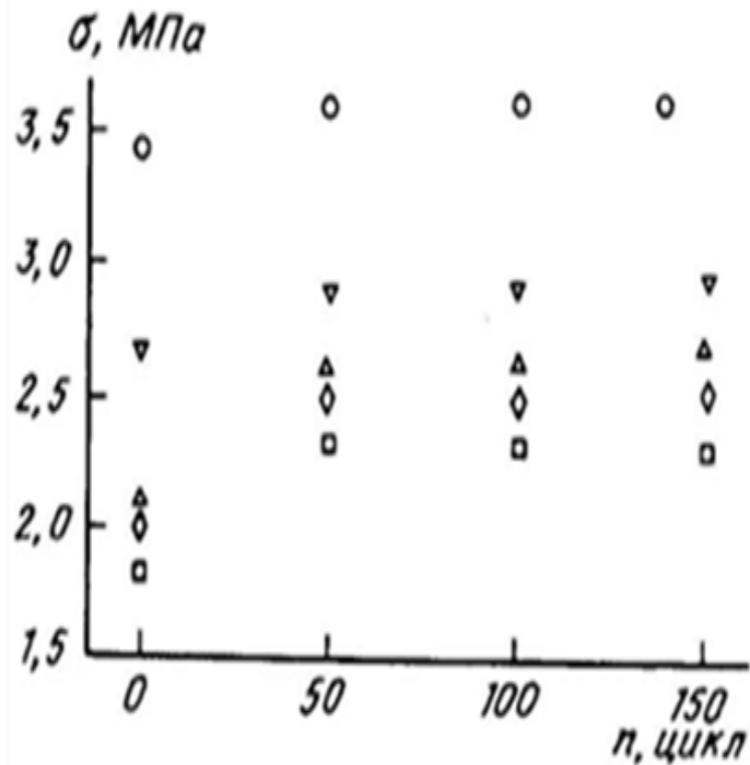
## Эксплуатационные характеристики покрытий



**Влияние скорости обработки бетона на адгезионную прочность покрытия.**

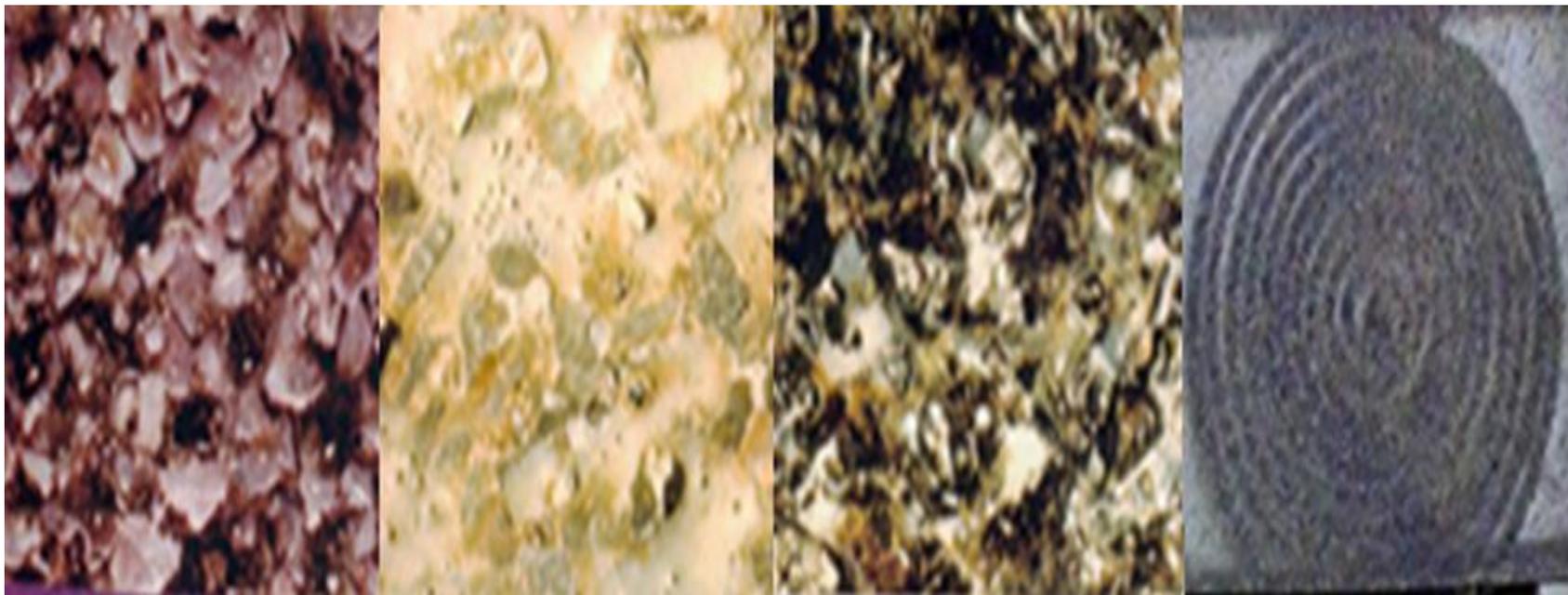


**Водопроницаемость покрытий в зависимости от срока эксплуатации.**

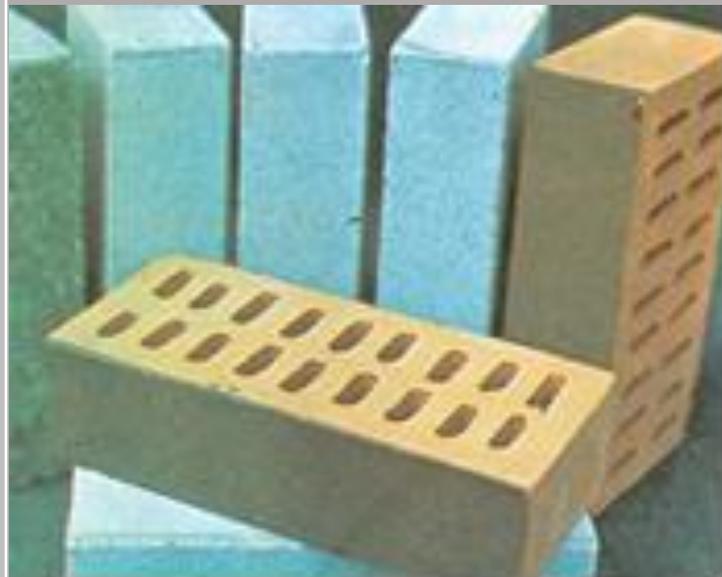


Адгезионная  
прочность покрытий в  
зависимости от числа  
циклов  
попеременного  
замораживания-  
оттаивания

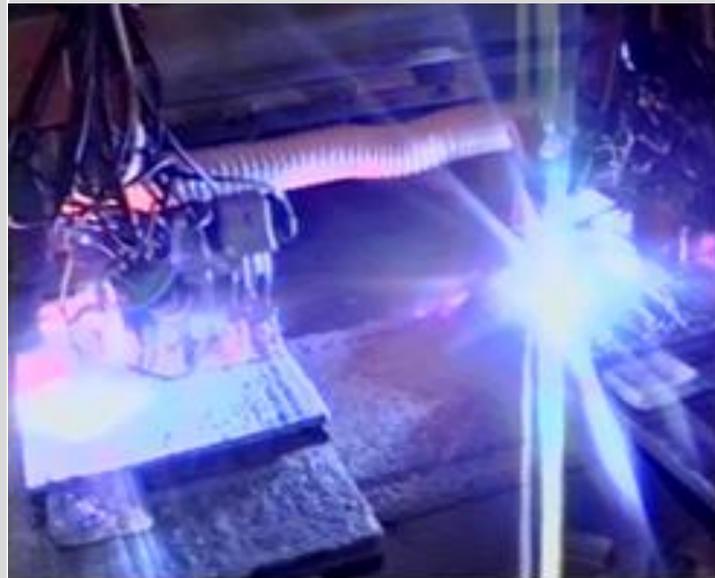
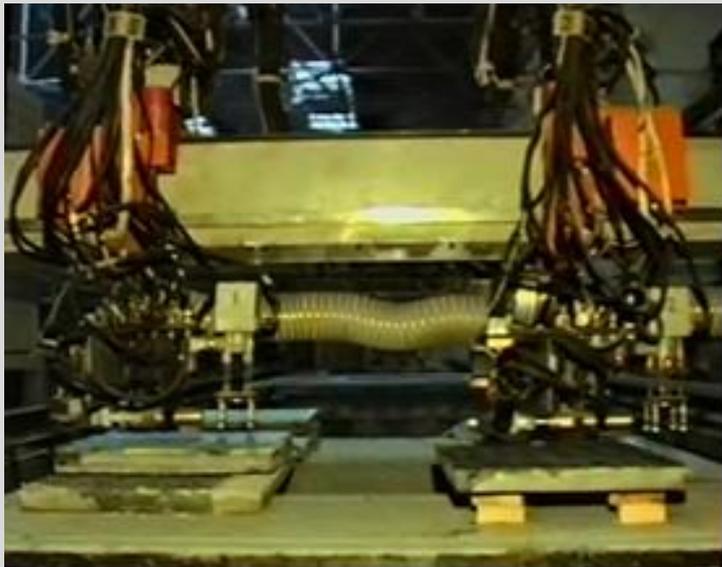
## Архитектурные свойства защитно-декоративных покрытий на бетоне



## Силикатный кирпич с плазменным покрытием



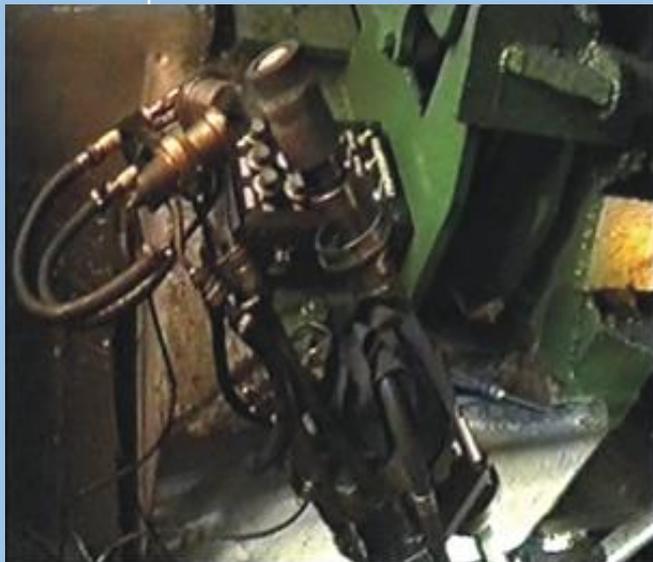
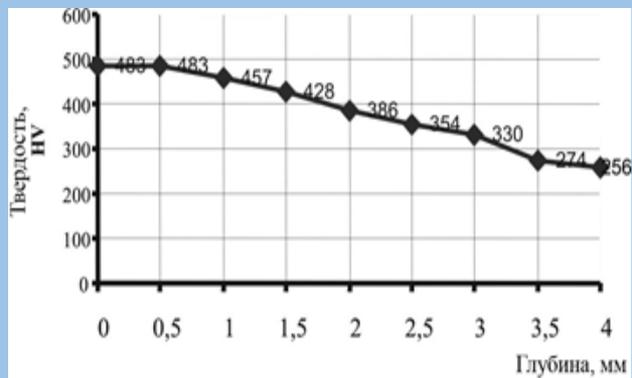
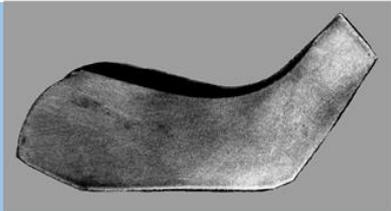
## ПАЗМЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ БЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ



## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

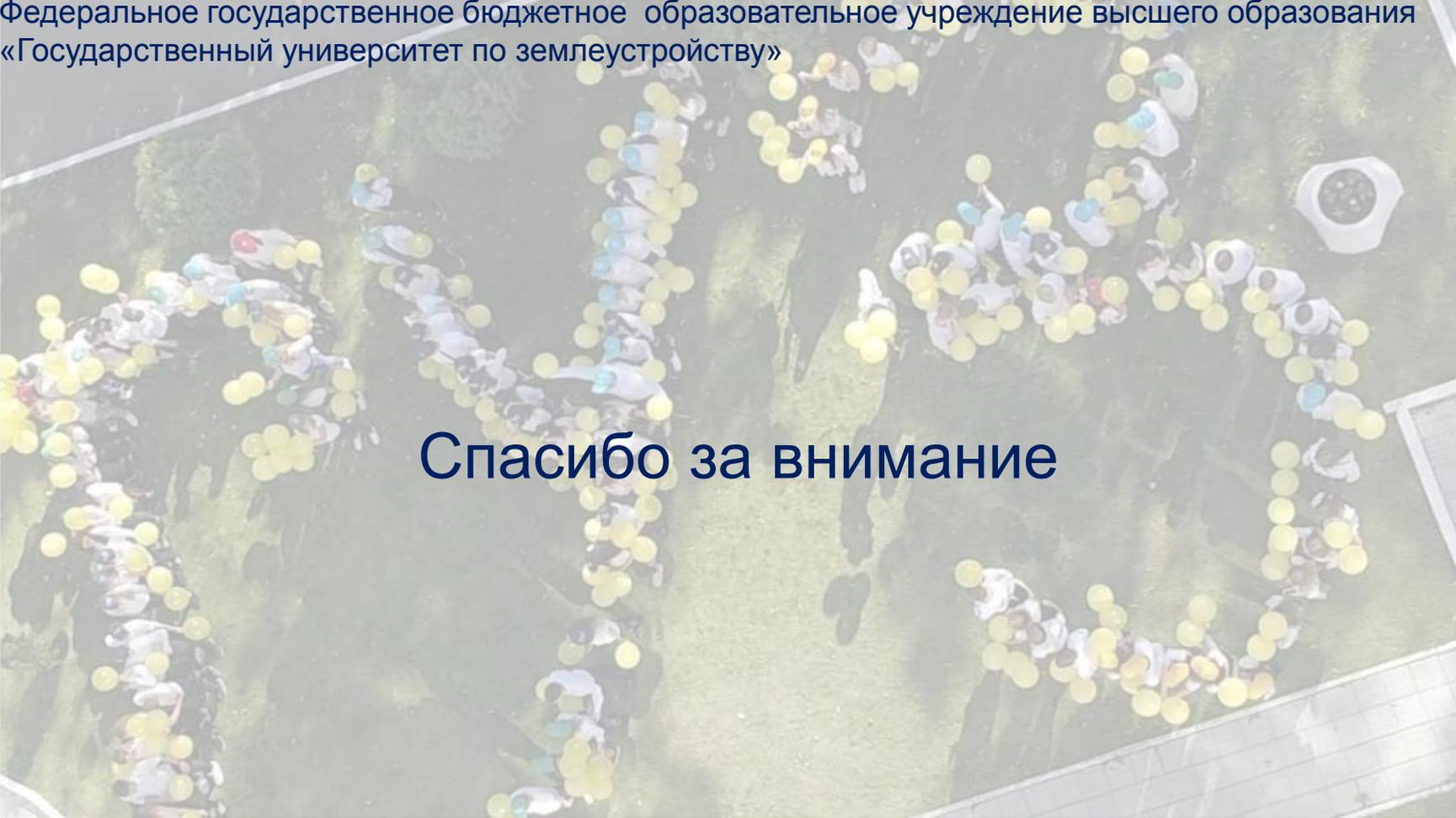
Мощность	кВт	140
Производительность	м <sup>2</sup> /час	20...30
Расход плазмообразующего газа-азота	нм <sup>3</sup> /час	2
Расход воды на охлаждение установки	м <sup>3</sup> /час	2,0
Энергозатраты на получение покрытия	кВт*час/м <sup>2</sup>	4...7

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ГРЕБНЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС





Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Государственный университет по землеустройству»

An aerial photograph showing a large group of people, mostly in white shirts, gathered in a courtyard. They are holding numerous yellow balloons, which are arranged in a large, roughly circular pattern on the ground. The courtyard is paved, and there are some trees and a building visible in the background.

Спасибо за внимание