

СТЕНД ДЛЯ ГИДРОСТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.А. Лакомкин¹

¹ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург, Россия, lakomkin.andrey@gmail.com

Аннотация. Гидроструйные технологии получили довольно широкое распространение в наши дни. С их помощью может проводиться как резка, так и очистка материала от различных загрязнений. Для изучения этих процессов был построен стенд для гидроструйной очистки.

Ключевые слова: стенд для гидроструйной очистки, гидроструйный рабочий орган, гидроструйные технологии.

STAND FOR HYDRO-JET CLEANING OF SURFACES

A.A. Lakomkin¹

¹ Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia, lakomkin.andrey@gmail.com

Abstract. Hydro-jet technologies have become quite widespread these days. They can be used for both cutting and cleaning materials from various contaminants. A hydro-jet cleaning stand was built to study these processes.

Keywords: Hydro-jet cleaning stand, hydro-jet working element, hydro-jet technologies.

Принцип удаления загрязнений

Чтобы удалить загрязнения, необходимо воздействие кинетической энергии на разрушаемый материал. Струя, выходящая из рабочего органа – гидроструйного резака формируется за счёт потока жидкости под высоким давлением и обладает кинетической энергией, которая передаётся на удаляемый материал. Если кинетической энергии струи достаточно, чтобы преодолеть предел прочности материала загрязнения, то будет происходить очистка поверхности. При этом важно, чтобы предел прочности самой поверхности превышен не был. Только при таких условиях возможна очистка без её повреждения.

Основным параметром, измеряемым на стенде, является глубина резания материала, она отражает энергоэффективность процесса очистки и рассчитывается по следующей формуле в общем виде:

$$h = f(\sigma_{сж}, P_v, \rho_v, Q_v, d_f, l_v, d_v, \alpha_v, l_k, l_{кол}, d_{кол}, \alpha_{кол}, d_a, \rho_a)$$

h – глубина реза в удаляемом материале
 $\sigma_{сж}$ – предел прочности удаляемого материала
 P_v – плотность воды
 Q_v – давление воды
 $d_{ф}$ – диаметр форсунки
 l_v – расстояние от форсунки до штуцера подачи абразива
 d_v – диаметр штуцера для подачи абразива
 α_v – угол наклона штуцера подачи абразива
 l_k – расстояние между форсункой и коллиматором
 $l_{кол}$ – длина коллиматора
 $d_{кол}$ – диаметр коллиматора
 $\alpha_{кол}$ – угол конуса в коллиматоре
 d_a – размер фракции абразива
 ρ_a – плотность абразива

Конструкция стенда

Испытательный стенд состоит из:

1. Насоса высокого давления, имеющего следующие характеристики: рабочее давление до 200 бар и расход воды до 17 литров в минуту.
2. Ёмкости с водой на 65 литров.
3. Рамы с подвижной кареткой с электроприводом.
4. Рабочего органа – гидроструйного резака.
5. Дополнительного оборудования (штатив для высокоскоростной камеры, секундомера, линейки, расходомера воды, весов).



Рисунок 1 – Испытательный стенд в сборе

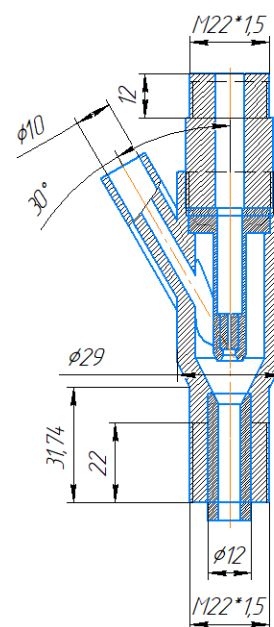


Рисунок 2 – Гидроструйный резак

Стенд работает по следующему принципу: поток воды, создаваемый насосом, подаётся в резак по гидравлической магистрали под давлением до 200 бар.

В резаке установлена форсунка, создающая струю жидкости в камере смешивания. В эту камеру дополнительно подаётся абразив (соль, смесь соли с песком, смесь соли с гранитной крошкой). Для подачи абразива используется эффект Вентури, вызывающий разрежение в камере смешивания, что позволяет завлекать абразив в камеру смешивания. Окончательно струя формируется в коллиматоре. Резак установлен на подвижной каретке, скользящий по двум направляющим. В движение каретка приводится с помощью электродвигателя через ремень. Ременной привод имеет механизм натяжения, что позволяет добиться более равномерного движения. Угол установки резака изменяется в диапазоне 50 градусов от вертикали. Также изменяется и азимутальный угол, то есть угол резака к направлению движения. Высота направляющих регулируется за счет прорезей в раме. Высота изменяется в пределах 50 сантиметров.

Эксперимент

На стенде для гидроструйной очистки был проведён ряд экспериментов по исследованию глубины резания льда с помощью гидроабразивной струи.

Эксперименты проходили по следующему принципу: выставлялась высота между образцом льда и резак, производилось включение насоса, производилось включение привода каретки, затем выключение, далее замеры глубины, ширины и длины реза, также измерялись такие параметры, как расход абразива, время резания

Таблица 1 – результаты эксперимента

Параметры эксперимента	№ 1	№2	№3	№4	№5
Время (с)	11	10	5	18	18
Расстояние резания (мм)	140	170	146	135	121
Расход воды (л)	0,615	0,693	0,366	1,067	1,076
Расход абразива (г)	75	92	52	102	116
Высота (мм)	120	270	65	65	65
Ширина реза (мм)	11	25	8	14	20
Глубина реза (мм)	14	6	16	31	43



Рисунок 3 – Образец льда после резания

Список литературы

1. Бреннер В.А., Жабин А.Б., Пушкарев А.Е., Щеголевский М.М. Гидроабразивное резание горных пород. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. – 279 с.
2. Жабин А.Б., Аверин Е.А., Поляков А.В., Щеголевский М.М. Анализ и доработка аналитического метода расчета гидроабразивной эрозии горных пород // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – № 2. – С. 17-25.
3. Жабин А.Б., Лавит И.М., Аверин Е.А. Математическая модель процесса эрозии горных пород гидроабразивной струей // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014. – №11, ч. 2. –
4. Пушкарев А.Е. Обоснование и выбор параметров гидроабразивного инструмента исполнительных органов горных машин с разработкой модулей высоконапорного оборудования: дисс. ... канд. техн. наук. – Тула: Тульский государственный университет, 1999. – 347 с.
5. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы гидроабразивной установки для удаления льда с рабочих поверхностей объектов транспортной инфраструктуры в Арктических регионах: отчет о НИР / СПбГАСУ; исполн. А.Е. Пушкарев, нормоконтр. Н.С. Феофанова. – Санкт-Петербург, 2022. – 37 с.

References

1. Brenner V.A., Zhabin A.B., Pushkarev A.E., Shchegolevsky M.M. Hydroabrasive cutting of rocks. – M.: Publishing house of Moscow State Mining University, 2003. – 279 p.
2. Zhabin A.B., Averin E.A., Polyakov A.V., Shchegolevsky M.M. Analysis and revision of the analytical method for calculating hydroabrasive erosion of rocks // Mining equipment and electromechanics. – 2018. – No. 2. – P. 17-25.
3. Zhabin A.B., Lavit I.M., Averin E.A. Mathematical model of the process of rock erosion by a hydroabrasive jet // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. – 2014. – No. 11, part 2. – P. 302-312.
4. Pushkarev A.E. Justification and selection of parameters of the hydroabrasive tool of the executive bodies of mining machines with the development of high-pressure equipment modules: diss. ... Cand. of Engineering Sciences. – Tula: Tula State University, 1999. – 347 p.
5. Justification of the design parameters and operating modes of the hydroabrasive unit for removing ice from the working surfaces of transport infrastructure facilities in the Arctic regions: R&D report / SPbGASU; executor. A.E. Pushkarev, standard controller N.S. Feofanova. – St. Petersburg, 2022. – 37 p.