

DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-666-671

HYDRAULIC OVERLOADING OF SORPTION MATERIAL AT THE TREATMENT FACILITIES OF THE MULTIPURPOSE SEA CARGO COMPLEX (MSCC) BRONKA

M. A. Kolosov, P. P. Chinakov

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St Petersburg, Russian Federation

Implementation of the hydraulic overloading process for the various industries, construction and production is discussed in the paper. In the various sectors of construction and production in Russia, solid bulk materials are used. Jet devices are widely used for overloading these materials. For example, to form dumps of dams of tailing ponds and sludge collectors, jet devices are used. They transport solid bulk material formed during sedimentation from the bottom into the dam body. In the chemical industry, jet devices are used to dilute the various types of reagents, mix gas systems and create a vacuum in vessels. Nowadays, with the tightening quality requirements for wastewater treatment, jet devices are introduced into the technological process for wastewater treatment. Jet devices are used in the operation of treatment facilities, for the implementation of commissioning, and the periodic replacement of filter materials. The various solid bulk materials (sand, sorbents, ion-exchange resins, etc.), which are loaded into pressure and non-pressure filters involved in the treating process, are used to treat surface wastewater of the ports. The integrated solution produced for the hydro-displacement of activated carbon at treatment facilities in the port of Bronka (St. Petersburg, Lomonosov, Krasnoflotskoye highway, 49A) is described in the paper. As a single, common device for two different technological processes, the jet devices that operates in different technological schemes and with different performance parameters is used; the parameters can be adjusted in any of two technological processes. Working technological solutions are illustrated in the graphic form.

Keywords: jet devices, hydraulic overloading, solid bulk material.

For citation:

Kolosov, Mikhail A., and Pavel P. Chinakov. "Hydraulic overloading of sorption material at the treatment facilities of the Multipurpose Sea Cargo Complex (MSCC) Bronka." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 12.4 (2020): 666–671. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-666-671.

УДК 532.525.2

ГИДРОПЕРЕГРУЗКА СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОРСКОГО ПЕРЕГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА «БРОНКА»

М. А. Колосов, П. П. Чинаков

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассмотрен вопрос о реализации процесса гидроперегрузки для различных отраслей промышленности, строительства и производства России, где используются твердые сыпучие материалы. Отмечается, что широкое распространение для перегрузки данных материалов в гидротехническом строительстве получили струйные аппараты. Например, для формирования отвалов дамб хвостохранилищ и шламонакопителей используются струйные аппараты, которые перемещают твердый сыпучий материал, образовавшийся при отстаивании со дна в тело дамбы. В химической промышленности струйные аппараты используются для разведения различного типа реагентов, смешивания газовых систем и образования вакуума в сосудах. Отмечается, что в настоящее время в связи с ужесточением требований к качеству очистки сточных вод в технологический процесс для очистки стоков внедряются струйные аппараты, используемые также в процессе эксплуатации очистных сооружений для реализации пусконаладочных работ и периодической замены фильтрующих материалов. Для очистки поверхностных сточных вод портов используются различные твердые сыпучие материалы, такие как песок, сорбенты, ионообменные смолы и т. д., которые загружаются в напорные и безнапорные фильтры, участвующие в процессе очистки. В статье

приведено описание комплексного решения для гидродоизмещения активированного угля на очистных сооружениях в порту «Бронка» (г. Санкт-Петербург) и г. Ломоносов, Краснофлотское шоссе, 49а). В работе в качестве единого (общего) устройства для двух разных технологических процессов используется струйный аппарат, работающий в разных технологических схемах с разными параметрами производительности, которые могут регулироваться в любом из двух технологических процессов. Рабочие технологические решения даны в виде технологических схем.

Ключевые слова: струйный аппарат, гидродоизмещение, твердый сыпучий материал.

Для цитирования:

Колосов М. А. Гидродоизмещение сорбционного материала на очистных сооружениях многофункционального морского перегрузочного комплекса «Бронка» / М. А. Колосов, П. П. Чинаков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 666–671. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-666-671.

Введение (Introduction)

Многофункциональный морской перегрузочный комплекс (ММПК) — порт «Бронка» является единственным глубоководным морским терминалом в Санкт-Петербурге. Глубина подходного морского канала составляет 14,4 м, что позволяет принимать суда различного класса и большого водоизмещения [1]. Находится ММПК в удобно расположенном транспортном узле на юго-западе за пределом Санкт-Петербурга, рядом с кольцевой автомобильной дорогой (КАД) и железнодорожной станцией Бронка. Первое судно было принято ММПК на обработку в декабре 2015 г., т. е. с этого времени, фактически, началась эксплуатация оборудования порта и его сооружений.

Порт «Бронка» — самый современный порт в Северо-Западном регионе России — может обрабатывать все виды опасных грузов и имеет площадь более 120 га. Политика порта связана с минимизацией возможного воздействия на окружающую среду, поэтому все поверхностные и ливневые воды с площадки порта направляются на современные очистные сооружения для очистки на многоуровневой системе фильтрации. Любая система фильтрации требует технического обслуживания, которое включает замену фильтрующей загрузки, или сорбционного материала. Для службы эксплуатации очистных сооружений порта «Бронка» были проведены предпроектные работы с целью проектирования устройства для автоматизированной перегрузки сорбционного материала общим объемом ~ 270 м³.

Целью проекта является разработка устройства, которое будет производить не только загрузку, но и выгрузку твердого сыпучего сорбционного материала из напорных фильтров очистных сооружений порта «Бронка» с помощью струйного аппарата. Основы теории струйных аппаратов были заложены в работах Цейнера и Ренкина. Первое применение струйного аппарата относится к XIX в., тогда его использовали в лабораториях для откачивания воды и воздуха из колб. Впоследствии широкое применение струйные аппараты получили в горнодобывающей промышленности для откачивания воды и пульпы из шахт [2].

Методы и материалы (Methods and Materials)

В качестве фильтрующей загрузки на очистных сооружениях поверхностного ливневого стока в порту «Бронка» используется активированный кокосовый уголь NWC 6 × 12, который имеет небольшую плотность: ~ 550 г/дм³. Согласно данным характеристикам и требованиям заказчика, предъявляемые к высокой производительности, а также исходя из многофункциональности устройства начался проектный этап с разработкой концепции устройства гидродоизмещения твердых сыпучих тел и подбор оборудования. Было принято решение в качестве основного технологического оборудования использовать струйный аппарат с производительностью по перегрузке, равной ~ 14 т/ч, активированного угля NWC 6 × 12, или около 28 м³ в объеме.

Струйный насос, согласно действующим стандартам, относят к классу динамических насосов трения, в которых жидкая среда перемещается ее внешним потоком. Любой насос, по общепринятой терминологии, представляет собой машину для создания потока жидкой среды. Струйный аппарат является составной частью струйной насосной установки, которая включает в себя

также силовой насос и два трубопровода: один — для рабочей жидкости, второй — для смеси рабочей жидкости с перекачиваемой жидкостью [3].

В основу работы устройства гидropерегрузки твердых сыпучих тел заложены две технологические операции:

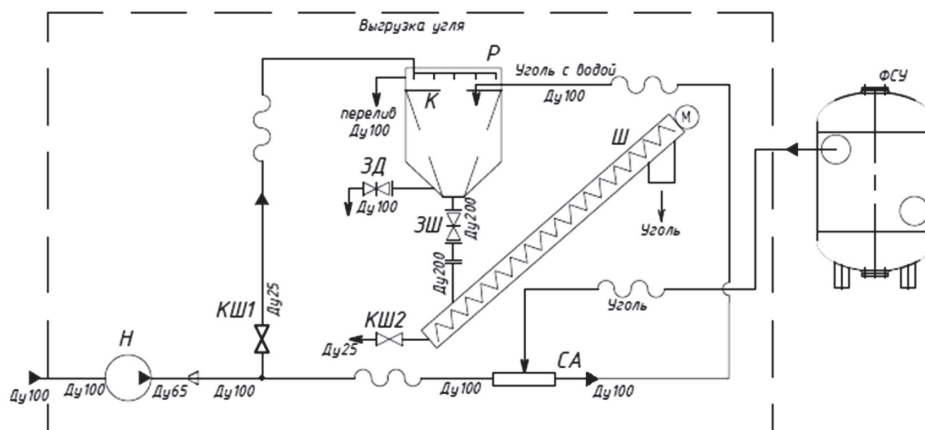
1. Выгрузка сорбционного материала из напорного фильтра очистных сооружений производилась с помощью работы струйного аппарата, который направлял водяную смесь активированного угля в емкость с установленной внутри фильтрующей корзиной. Фильтрующая корзина разделяла твердую и жидкую фазу, вода направлялась в приямок, а твердый сыпучий материал под силой тяжести осаждался в нижней части емкости, где монтировался шнек для непрерывной выгрузки активированного угля в мешки биг-бэг.

2. Загрузка твердого сыпучего материала в напорный фильтр очистных сооружений производилась с помощью работы струйного аппарата. Струйный аппарат монтировался на место шнека для транспортировки активированного угля по напорному рукаву в напорный фильтр, загрузка материала в емкость производилась с помощью погрузчика.

Для осуществления данной схемы гидropерегрузки сорбционного материала, как и для других материалов, таких как песок, пульпа, ил, требуется большое количество воды, поэтому гидropерегрузка производилась только в процессе работы очистных сооружений и в этом процессе использовались очищенные воды [4].

Технологические схемы выгрузки и загрузки твердого сыпучего материала показаны на рис. 1, перечень технологического оборудования дан в таблице (с. 669).

а)



б)

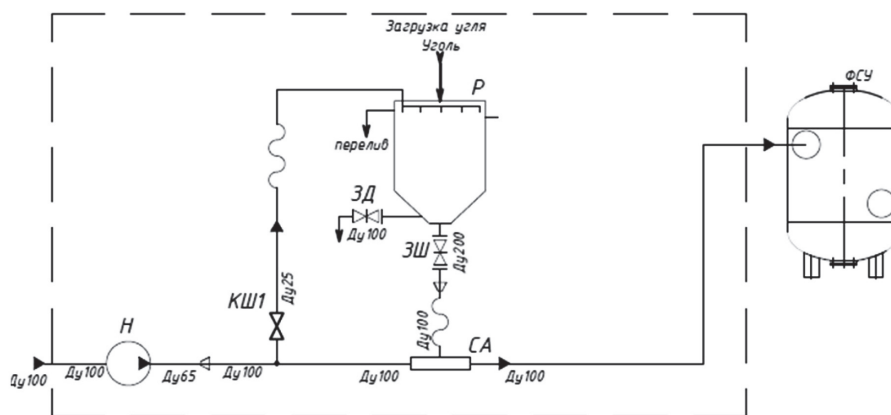


Рис. 1. Технологические схемы: а — выгрузки активированного кокосового угля;

б — загрузки активированного кокосового угля

Перечень технологического оборудования

Обозначение	Наименование	Кол.-во, шт.	Характеристика
Н	Насос подающий	1	Насос КМ-100-65-200, подача 100 м³/ч, напор 50 м, 380 В
Р	Резервуар	1	$V = 3,5 \text{ м}^3$, материал нержавеющая сталь
К	Выемная корзина	1	$V = 1,5 \text{ м}^3$, перфорация 1 мм, материал нержавеющая сталь
ФСУ	Фильтр сорбционный угольный	1	$V = 30 \text{ м}^3$, материал Ст3, рабочее давление 6 бар
Ш	Шнек	1	$L = 4300 \text{ мм}$, $d = 200 \text{ мм}$, материал нержавеющая сталь, $N = 2,2 \text{ кВт}$
КШ1	Кран шаровой	1	Латунь, РВ-РВ G 1", Ду25
СА	Струйный аппарат	1	$G_{\text{отк}} = 12 \text{ т/ч}$, $G_{\text{акт}} = 60 \text{ т/ч}$, материал — нержавеющая сталь
ЗД	Затвор поворотный дисковый	1	Затвор поворотный дисковый Ду100, Ру=10 бар. Управление — ручка с фиксатором
ЗШ	Задвижка шиберная	1	Задвижка шиберная Ду200, Ру = 10 бар. Управление — штурвал
КШ2	Кран шаровой	1	Латунь, РВ-РВ G 1", Ду25

Результаты (Results)

В обеих технологических схемах используется принцип работы струйного аппарата, а именно с помощью кинетической энергии рабочей (активной) среды (в данном случае воды) производится гидрорегулировка исходной (пассивной) среды, или активированного кокосового угля NWC 6×12 . Передача рабочего импульса в аппарате происходит путем непосредственного контакта рабочей среды и перекачиваемой среды. При работе струйного аппарата рабочая среда поступает через патрубок (патрубки) подвода рабочей (активной) среды на осевое либо кольцевое рабочее сопло, откуда происходит ее истечение с высокой скоростью в приемную камеру. Под действием эжекционного эффекта пассивная среда подсасывается в приемную камеру, а далее смесь поступает в камеру смешения, где происходит выравнивание скоростей и окончательная передача импульса от рабочей среды к смеси. Поток смеси через диффузор струйного аппарата поступает в напорный рукав, который направляет смешанный с водой твердый сыпучий материал в емкость для выгрузки или в напорный фильтр [6].

Обсуждение (Discussion)

На основе результатов выполненного проекта можно сделать вывод о том, что расход перекачиваемой среды зависит от давления активной среды (воды на входе в струйный аппарат), длины и конфигурации подводящих трубопроводов, количества и типа запорно-регулирующей арматуры, а также иных местных гидравлических сопротивлений [7]. Внешний вид струйного аппарата показан на рис. 2.

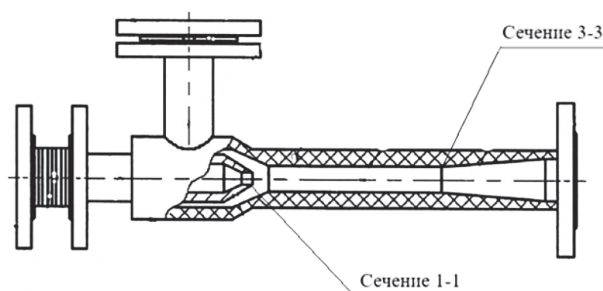


Рис. 2. Струйный аппарат

Процессы, характерные для всех без исключения струйных аппаратов, описаны следующими тремя законами: законом сохранения энергии, законом сохранения массы, законом сохранения импульса.

1. Закон сохранения энергии:

$$h_p + uh_H = (1 + u)h_c, \quad (1)$$

где h_p , h_H , h_c — функции состояния рабочего и эжектируемого потоков, соответственно, до струйного аппарата и смешанного потока после аппарата, кДж/кг;

$u = G_H/G_p$ — коэффициент эжекции, т. е. отношение массового расхода эжектируемого потока к массовому расходу рабочего потока.

2. Закон сохранения массы:

$$G_c = G_p + G_H, \quad (2)$$

где G_p , G_H , G_c — массовые расходы, соответственно, рабочего, эжектируемого и смешанного потоков, кг/с.

3. Закон сохранения импульса, который для любой камеры смешения струйного аппарата записывается следующим образом [8]:

$$l_{p1} + l_{H1} = \int_{f3}^{f1} p df + l_{c3}, \quad (3)$$

где l_{p1} и l_{H1} — импульс рабочего и эжектируемого потоков во входном сечении камеры смешения, Н;

l_{c3} — импульс смешанного потока в выходном сечении камеры смешения, Н;

$\int_{f3}^{f1} p df$ — интеграл импульса по боковой поверхности камеры смешения между сечениями 1-1 и 3-3 (см. рис. 2).

В цилиндре камеры смешения $\int_{f3}^{f1} p df = 0, 1$.

Импульс потока в любом сечении можно вычислить по формуле [9]:

$$I = Gw + pf, \quad (4)$$

где G — массовый расход, кг/с; w — скорость, м/с; p — давление, Па (Н/м²); f — сечение, м².

Заключение (Conclusion)

Активная среда, подаваемая на струйный аппарат, может быть жидкообразной, газообразной, газо-жидкообразной, а также с включением твердых частиц. Размерность перемещаемых твердых сыпучих тел должна быть меньше, чем расстояние от корпуса струйного аппарата до камеры его смешения [10].

Выполненный проект по гидроперегрузке твердых сыпучих тел в порту «Бронка» объединил одно основное технологическое устройство для разных функций: для гидровыгрузки и для гидрозагрузки. Во всех технологических процессах технические характеристики устройства не изменялись [11].

Благодарности (Acknowledgements)

Особую благодарность за помощь, оказанную в процессе выполнения проекта, выражаем службе эксплуатации порта «Бронка» / Департаменту инженерного обеспечения ООО «Феникс» (ММПК «Бронка»), а именно: главному инженеру С. А. Кабишеву, начальнику очистных сооружений Н. Н. Козлову, инженеру-технологу А. С. Тарасову.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порт «Бронка»: официальный сайт [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://port-bronka.ru/about-harbor/> (дата обращения: 03.03.2020).
2. Соколов Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. — 3-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 352 с.
3. Сазонов Ю. А. Расчет и конструирование струйных аппаратов / Ю. А. Сазонов. — М.: РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2016. — 64 с.
4. Филиппова Д. А. Баланс сточных вод при перегрузке песка гидромеханизированным способом / Д. А. Филиппова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 2 (24). — С. 151–155.

5. Проектирование сооружений для очистки сточных вод / Всесоюз. комплекс. н.-и конструктор.-технолог. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. — М.: Стройиздат, 1990. — 192 с.

6. Берман Л. Д. Особенности рабочего процесса и режим работы водоструйного эжектора / Л. Д. Берман, Г. И. Ефимочкин // Теплоэнергетика. — 1964. — № 2. — С. 31–35.

7. Чернухин В. А. О расчете жидкостно-газовых струйных аппаратов / В. А. Чернухин, В. Г. Цегельский, С. Н. Глубоковский // Машиностроение. — 1977. — № 8. — С. 81–86.

8. Берман Л. Д. Расчетные зависимости для водоструйных эжекторов / Л. Д. Берман, Г. И. Ефимочкин // Теплоэнергетика. — 1964. — № 7. — С. 44–48.

9. Аверин С. И. Турбулентные струи и струйный инжектор: учеб. пособие / С. И. Аверин; — Днепропетровск: ДМЕТИ, 1986. — 79 с.

10. Александров В. Ю. Оптимальные эжекторы. Теория и расчет / В. Ю. Александров, К. К. Климовский. — М.: Машиностроение, 2012. — 136 с.

11. Марьенко В. П. Применение струйных насосов для подъема жидкости из скважин / В. П. Марьенко, И. Т. Мищенко, С. Д. Миронов, Ю. А. Цепляев. — М.: Обзоринформ. ВНИИОЭНГ, 1986. — Вып. 14 (21). — 56 с.

REFERENCES

1. Port «Bronka». Official site. Web. 3 Mar. 2020 <<http://port-bronka.ru/about-harbor/>>.
2. Sokolov, E. Ya., and N. M. Zinger. *Struinye apparaty*. 3-ed. M.: Energoatomizdat, 1989.
3. Sazonov, Yu. A. *Raschet i konstruirovaniye struinykh apparatov*. M.: RGU nefti i gaza imeni I. M. Gubkina, 2016.
4. Filippova, D. A. “Balance scheme in sand cargo hydrotransport handling.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 2(24) (2014): 151–155.
5. *Proektirovaniye sooruzhenii dlya ochistki stochnykh vod; Vsesoyuz. kompleks. n.-i konstrukt.-tekhnolog. in-t vodosnabzheniya, kanalizatsii, gidrotekhn. sooruzhenii i inzh. gidrogeologii*. M.: Stroiizdat, 1990.
6. Berman, L. D., and G. I. Efimochkin. “Osobennosti rabochego protsessa i rezhim raboty vodostruynogo ezhektora.” *Teploenergetika* 2 (1964): 31–35.
7. Chernukhin, V. A., V. G. Tsegel'skii, and S.N. Glubokovskii. “O raschete zhidkostno-gazovykh struinykh apparatov.” *Izv. vuzov. Mashinostroeniye* 8 (1977): 81–86.
8. Berman, L. D., and G.I. Efimochkin. “Raschetnye zavisimosti dlya vodostruinykh ezhektorov.” *Teploenergetika* 7 (1964): 44–48.
9. Averb, S. I. *Turbulentnye strui i struinyi inzhektor: Ucheb. posobie*. Dnepropetrovsk: DMETI, 1986.
10. Aleksandrov, V. Yu., and K. K. Klimovskii. *Optimal'nye ezhektory. Teoriya i raschet*. M.: Mashinostroeniye, 2012.
11. Mar'enko, V. P., I. T. Mishchenko, S. D. Mironov, and Yu. A. Tseplyaev. *Primeneniye struinykh nasosov dlya pod'ema zhidkosti iz skvazhin*. Vol. 14 (21). M.: Obzor inform. VNIIOENG, 1986.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колосов Михаил Александрович — доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская 5/7
e-mail: kolosov-34@mail.ru, kaf_gsk@gumrf.ru
Чинаков Павел Павлович — аспирант
Научный руководитель:
Колосов Михаил Александрович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: pavelchinakov@mail.ru, kaf_gsk@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kolosov, Mikhail A. — Doctor of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: kolosov-34@mail.ru, kaf_gsk@gumrf.ru
Chinakov, Pavel P. — Postgraduate
Supervisor:
Kolosov, Mikhail A.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: pavelchinakov@mail.ru, kaf_gsk@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 3 марта 2020 г.

Received: March 3, 2020.