



УДК 669.71:502.3

Дружинина Татьяна Яковлевна,
к. т. н., доцент кафедры сопротивления материалов,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
тел. 8 (950) 066-47-07, e-mail: dr@istu.edu

Немаров Александр Алексеевич,
доцент кафедры информатики института кибернетики,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
тел. 8 (964) 358-38-84, e-mail: nemarov@mail.ru

Горовой Валерий Олегович,
инженер НИЧ, аспирант физико-технического института,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
тел. 8 (950) 060-52-67, e-mail: 123valera321@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ И НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СРЕД

T. Y. Druzhinina, A. A. Nemarov, V. O. Gorovoy

THE STUDY OF THE STRUCTURE AND PERFORMANCE OF CENTRIFUGAL PUMPS AND PUMPING STATIONS FOR NANOSCALE FLOTATION ENRICHMENT OF MEDIUMS

Аннотация. В статье представлены результаты изучения и анализа насосов и насосных станций, применяемых во флотационном обогащении наноразмерных сред. Выявлены достоинства и недостатки отдельных моделей. Описаны основные части центробежного насоса, эжектора и инжектора. Приведены характеристики насосов типа НД для оптимального подбора производительности разрабатываемого производства. Предложен алгоритм оценки насосных станций при подборе и проектировании производственной линии. Приведены характеристики, варьирование которых позволит подобрать оптимальные параметры производительности при запуске производства. При изменении диаметра рабочего колеса расход, напор и мощность насоса при постоянном числе оборотов будут изменяться. Новые значения этих элементов характеристики насосов точно определяются опытным путем при испытании. Для повышения напора необходимо: применять многоступенчатые центробежные насосы; производить последовательное соединение отдельных одноступенчатых насосов; увеличить частоту вращения и диаметр рабочего колеса.

Ключевые слова: водоструйные насосы, насосные станции, обогащение полезных ископаемых, флотационное обогащение наноразмерных сред.

Abstract. The article presents the results of the study and analysis of pumps and pumping stations used in the flotation enrichment of nanoscale mediums. Strengths and weaknesses of certain models are identified. Main parts of a centrifugal pump, ejector and injecting. The characteristics of ND type pumps for selecting optimum productivity are given. The algorithm for estimating pumping stations to select and design the production line. When changing impeller diameter the flow rate, pressure and pump power at a constant rpm will change. The new values of these elements, characteristics of the pumps are set empirically during the test. To increase pressure you need to apply a multi-stage centrifugal pumps; to produce a series connection of separate single-stage pumps; to increase the rotational speed and impeller diameter.

Keywords: water jet pumps, pumping stations, mineral processing, flotation concentration of nanoscale environments.

Введение

Для обеспечения бесперебойной работы линии флотационного обогащения кремнийсодержащих структур необходимо обеспечить ее насосами оптимальной производительности.

На развитие многочисленных конструкций насосов и насосных станций повлияло разнообразие условий их применения.

Водоструйные насосы отличаются от иных насосов тем, что в них роль движущего рабочего органа выполняет жидкость. Принцип действия таких насосов основан на использовании кинетической энергии рабочей жидкости. Водоструйный насос состоит из входного патрубка, корпуса со штуцером, съемного сопла и диффузора. В струйном насосе рабочая жидкость под значительным давлением из трубопровода поступает к соплу (насадку). Вытекая из сопла (насадка) в камеру

смешения (корпус) с большой скоростью и с пониженным давлением, рабочая жидкость (вода) способствует засасыванию находящейся в камере и во всасывающем трубопроводе гидросмеси. В горловине завершается энергообмен между рабочей и подсосываемой средами, а в расширяющемся диффузоре за счет постепенного снижения скорости происходит частичное преобразование динамического напора потока в статическое давление [1-5].

По назначению струйные насосы делят на эжекторы и инжекторы (гидроэлеваторы) с осевой и кольцевой подачей рабочей жидкости. По конструкции и рабочим процессам они не имеют принципиальных различий.

Эжекторы являются вспомогательными средствами и предназначены для подъема жидко-



сти по всасывающему трубопроводу за счёт вакуума [3, 6–8].

Инжекторы (гидроэлеваторы) наряду с этим перемещают всасываемую среду (гидросмесь) под напором по нагнетательному трубопроводу с относительно большой протяженностью и высотой подъёма.

Подбор насосов для линии флотационного обогащения нанокремнезема

Достоинства водоструйных насосов: простота конструкции, монтажа и эксплуатации, возможность индивидуального изготовления для любых условий и быстрой замены износившихся частей, относительно небольшая масса, способность интенсивного перемешивания разнородных сред (жидкости и газов, воды и масел и т. д.) [3, 9–12].

Для водоструйных насосов с наивыгоднейшими геометрическими размерами $\beta_M = 1$. Коэффициент полезного действия (кпд) гидроэлеватора:

$$\eta = (Q_1\gamma_1/Q_0\gamma_0)[1 - \beta],$$

где Q_1 и Q_0 – объемный расход соответственно подсосываемой пульпы и воды, м³/с; γ_1 и γ_0 – удельный вес соответственно гидросмеси и воды, кгс/м³; β – отношение напоров.

Параметры, характеризующие работу водоструйных насосов, следующие: относительный расход (степень эжекции)

$$Q_{от} = Q_{вс}/Q_p,$$

где $Q_{вс}$ и Q_p – расходы соответственно всасываемой жидкости (гидросмеси) и рабочей среды (воды), подаваемой к насадку; относительный напор:

$$H_{от} = H_{пол}/(H_{пол} + h_p) = (H_2 - H_1)/(H_p - H_1),$$

где $H_{пол}$ – полезный напор, определяемый как разность напоров на выходе из диффузора H_2 и на входе в камеру смешения H_1 ; h_p – потеря напора рабочей жидкости (воды), численно равная разности напора жидкости H_p перед насадком и напора на выходе из диффузора ($h_p = H_p/H_2$); – коэффициент полезного действия $\eta = (H_{пол}Q_{вс}\rho_v)/(H_pQ_p\rho_p) = (\rho_v/\rho_p)Q[H_{от}/(1-H)]$, где ρ_v и ρ_p – плотности соответственно всасываемой (гидросмеси) и рабочей (воды) жидкостей. В качестве параметра подобия, характеризующего геометрию струйного насоса, принято отношение площади поперечного сечения горловины F_r к площади выходного отверстия насада F_o :

$$mc = F_r/F_o = (d_r/d_o)^2,$$

где d_r и d_o – диаметры соответственно горловины и насада.

Область наибольших величин кпд $\eta = 32...36\%$ находится в интервале $0,6 < Q_{от} < 1,2$ и $H_{от} = 0,25...0,35$. Исходной величиной для расчета струйного насоса является необходимый расход

всасываемой гидросмеси $Q_{вс}$ и плотность гидросмеси ρ_r [3, 10, 13–16].

Основные части центробежного насоса (рис. 1) – рабочее колесо 1 с лопатками, помещенное на валу 2 внутри корпуса 3. В корпус поступает жидкость и вытекает через патрубок 4 в нагнетательный трубопровод 5, благодаря чему в центральной части насоса создается разрежение. Под давлением наружной атмосферы по всасывающему трубопроводу 6 образуется ток жидкости, направленный к центру насоса.

Центробежный насос работает следующим образом. Корпус насоса и всасывающая труба наполняются водой. Рабочее колесо с лопатками вращается по направлению стрелки. Вода, заполняющая корпус, также будет вращаться, и в ней развиваются центробежные силы. Под влиянием этих сил каждая частица воды стремится удалиться от центра вращения рабочего колеса к наружной части колеса и корпуса, где благодаря этому создается повышенное давление (выше атмосферного), и вода будет выталкиваться (выдавливаться) из корпуса через напорный патрубок в трубопровод [3, 6, 17–21]. В центре корпуса образуется разреженное пространство, которое непрерывно заполняется водой через всасывающий трубопровод, так как на горизонт воды в месте водозабора действует атмосферное давление. Под напором происходит непрерывная подача воды из всасывающей трубы через насос в напорный трубопровод.

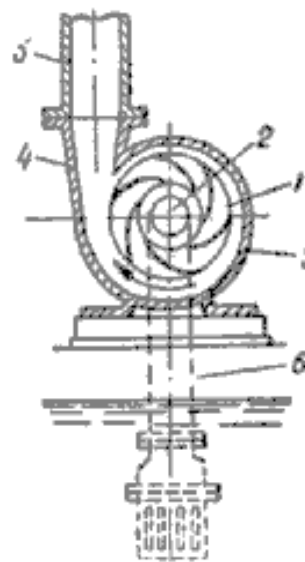


Рис. 1. Схема центробежного насоса

Производительность насоса – объём воды, подаваемый насосом в единицу времени, л/с или м³/ч.

Напор насоса – гидравлическое давление, создаваемое насосом, которое измеряется метрами водяного столба или техническими атмосферами.



Манометрический или полный напор насоса определяется по формуле

$$H_M = M + V + (v_M^2 - v_V^2)/2g,$$

где M – показания манометра в месте присоединения манометра, м; V – показания вакуумметра, отнесенное к оси насоса, м; v_M – скорость жидкости в месте присоединения манометра, м/с; v_V – скорость жидкости в месте присоединения вакуумметра, м/с; $g = 9,81$ м/с² – ускорение силы тяжести; $(v_M^2 - v_V^2)/2g$ – скоростной напор.

Производительность насоса, деленная на площадь поперечного сечения трубопровода, даст величину скорости движения воды в трубопроводе.

Мощность, потребляемая насосом, определяется по формуле

$$N = QH_M\gamma/75\eta, \text{ л.с.},$$

где Q – производительность насоса, м³/с; H_M – полный его напор, м; γ – удельный вес жидкости, кг/м³ (в данном случае воды при температуре 20 °С $\gamma = 1000$ кг/м³); η – коэффициент полезного действия насоса (для самых малых насосов $\eta = 0,6$ и для крупных насосов $\eta = 0,92$).

Число оборотов n_1 (паспортное, или расчетное) рабочего колеса насоса определяет производительность и напор. Насос может работать и с иным числом оборотов n_2 рабочего колеса, при этом все основные элементы характеристики насоса изменяются [3, 22–25]. Новые величины этих элементов при числе оборотов n_2 рабочего колеса определяют по зависимостям:

- расход (производительность) насоса

$$Q_2 = Q_1(n_2/n_1);$$

- напор насоса

$$H_2 = H_1(n_2/n_1)^2;$$

- потребная мощность на валу насоса

$$N_2 = N_1(n_2/n_1)^2.$$

После поверочного расчета деталей насоса на прочность допускается изменение паспортного числа оборотов в сторону увеличения.

Высота всасывания выражается в метрах столба воды. Различают высоту всасывания: геометрическую, равную расстоянию по вертикали от горизонта воды в водозаборе до оси насоса; приведенную геометрическую, равную геометрической плюс потери напора во всасывающем трубопроводе до входа в насос; вакуумметрическую (показания вакуумметра, отнесенные к оси насоса), которая превосходит приведенную геометрическую на величину скоростного напора в месте присоединения вакуумметра:

$$H_{\text{вас}} = h_{\text{в}} + \Sigma h_{\text{п}} + v_v^2/2g,$$

где $h_{\text{в}}$ – расстояние по вертикали от горизонта воды в водозаборе до места присоединения к насосу вакуумметра, м; $\Sigma h_{\text{п}}$ – сумма потерь напора во вса-

сывающем трубопроводе, м; v_v – скорость воды в месте присоединения вакуумметра к насосу, м/с.

Высоту всасывания рекомендуется принимать меньше гарантируемой заводом вакуумметрической высоты всасывания ($H_{\text{вас}}^{\text{доп}}$) на 0,5÷1,5 м, что необходимо на случай возможных колебаний атмосферного давления и производительности при работе насоса.

Для определения высоты всасывания и напора, развиваемого насосом (м вод. ст.) при работе на пульпе (для землесосов), применяются выше приведенные формулы со следующими поправками: для напора H_M (м вод. ст.) = H_M (м ст. пульпы)·($\gamma_{\text{п}}/\gamma_{\text{в}}$), для высоты всасывания $H_{\text{вас}}$ (м вод.ст.) = $H_{\text{вас}}$ (м.ст.пульпы)·($\gamma_{\text{п}}/\gamma_{\text{в}}$) (табл.1).

Высота всасывания $H_{\text{вас}}^{\text{доп}}$ соответствует определённой производительности насоса Q_1 и определённой частоте вращения рабочего колеса насоса [3, 16–17, 26–27].

При изменении диаметра рабочего колеса расход, напор и мощность насоса при постоянном числе оборотов будут изменяться. Новые значения этих элементов характеристики насосов точно определяются опытным путём при испытании.

Ориентировочно эти величины определяют из соотношений

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_1(D_2/D_1)^a; \\ H_2 &= H_1(D_2/D_1)^b; \\ N_2 &= N_1(D_2/D_1)^{a+b}; \end{aligned}$$

где D_1 – диаметр рабочего колеса с известной характеристикой; D_2 – диаметр рабочего колеса, при котором определяются параметры; a и b – степенные коэффициенты: для насосов 8НДВ, 12НДС, 14НДС и др. принимаются $a = 1$ и $b = 2$.

Для увеличения количества подаваемой воды рекомендуется: насосы соединять параллельно; увеличивать диаметр рабочего колеса; увеличить частоту вращения вала рабочего колеса.

Для повышения напора необходимо: применять многоступенчатые центробежные насосы; производить последовательное соединение отдельных одноступенчатых насосов; увеличивать частоту вращения и диаметр рабочего колеса.

Гидроэлеватор (рис. 2) действует по следующей схеме: по трубе с насадком 2 подводится вода, которая вытекает в виде струи 3. Эта струя двигается в приёмной камере 4 со значительной скоростью, увлекая за собой воздух камеры и создавая вакуум. Всасывание пульпы или иной жидкости происходит через трубу 5, посредством которой камера 4 соединена с транспортируемой пульпой или жидкостью. В камере начинается перемешивание рабочей жидкости (воды) с засасываемой и продолжается в смесительной камере 6, в которой поток после смешения имеет наибольшую кинетическую энергию.



Характеристика насосов типа НД (насос двусторонний)

Марка насоса	Q		H , м	n , об/мин	N , кВт		η , %	$H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$, м	D , мм	Вес, кг
	м ³ /ч	л/с			на валу	двигателя				
5НДС	216	60	34	1450	28,0	40	72	5,8	350	270
6НДС	300	84	44	1450	47,9	55	76	5,2	380	
6НДС	360	100	46	1450	60	75	75	4,0	405	300
6НДС	300	84	70	2950	73,6	100	80	4,0	242	280
6НДС	1260	350	64	1450	250	270	88	3,6	460	
8НДС	500	140	28	960	48	55	79	5,5	470	
8НДС	500	140	39	960	66	75	81	5,5	525	
8НДС	540	150	94	1450	178	195	78	4,0	525	
8НДС	720	200	89	1450	216	240	81	1,4	525	950
10НМКХ2	900	250	150	1450	442	500	85	2,5	545	2340
10НМКХ2	1000	280	182	1450	477	650	85	2,0	590	
12НДС	650	180	30	960	63,4	75	84	6,0	460	
12НДС	900	250	70	1450	206	225	83	5,0	460	
12НДС	1260	350	44	1450	180	190	83	3,6	400	1400
14НДС	1080	300	40	960	129	150	89	5,0	540	
14НДС	1260	350	37	960	147	160	87	5,0	540	1800
18НДС	1980	550	34,5	730	200,8	225	91	4,8	700	
18НДС	2700	750	58	960	470	520	91	1,3	700	3300
20НДС	2700	750	39,0	730	327	340	91	4,75	765	
20НДС	3420	950	71,0	960	725	800	91	1,25	765	4300

Для преобразования кинетической энергии потока в потенциальную служит диффузор 7, из которого с давлением выше атмосферного, необходимого для преодоления сопротивлений, поток направляется в пульповод 8 (рис. 3). [3, 16–17, 28–31]

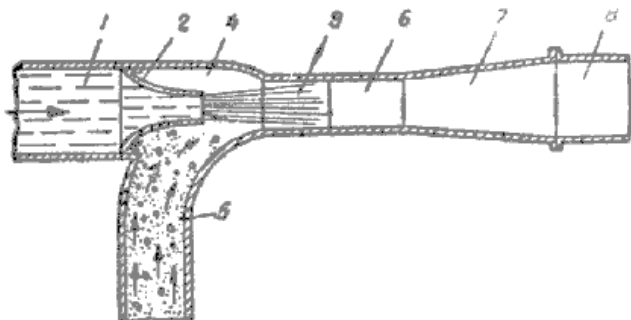


Рис. 2. Схема действия гидроэлеватора

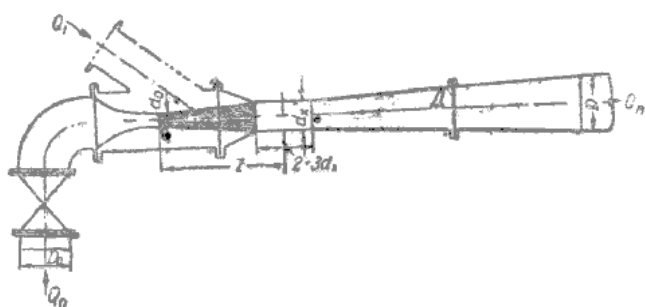


Рис. 3. Схема к расчёту гидроэлеватора

Более крупные эжекторы – гидроэлеваторы применяют и для подъёма и подачи пульпы для флотационного обогащения кремнийсодержащих структур.

Статья подготовлена с использованием результатов работ, выполненных в ходе проекта 02.G25.31.0174 «Разработка комплексной ресурсосберегающей технологии и организация высокотехнологичного производства наноструктур на основе углерода и диоксида кремния для улучшения свойств строительных и конструкционных материалов» в рамках Программы реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства, утвержденных постановлением Правительства РФ № 218 от 9 апреля 2010 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карлина А.И. Применение процесса мокрого рудного самоизмельчения для дезинтеграции глины и песков металлоносных россыпей // Вестник ИрГТУ. 2014. № 10 (93). С. 189–195.
2. Карлина А.И. Изучение и совершенствование математических моделей гравитационного обогащения полезных ископаемых // Вестник ИрГТУ. 2014. № 11 (94). С. 211–216.
3. Теоретические основы перемещения, промывки и обогащения полезных ископаемых / К.Л. Яст-



- ребов и др. Иркутск : Изд-во ИрГТУ. 2010. 216 с.
4. Карлина А.И. Изучение гидродинамики гравитационного обогащения полезных ископаемых // Вестник ИрГТУ. 2015. № 3. С. 194–199.
 5. Карлина А.И. Совершенствование математических моделей гравитационного обогащения полезных ископаемых из результатов опыта отечественных и зарубежных исследований // Вестник ИрГТУ. 2015. № 1 (96). С. 118–124.
 6. Новые возможности для очистки сточных вод угольных месторождений / В.А. Гронь и др. // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. 2012. № 9 (68). С. 183–189.
 7. Карлина А.И. Изучение механизма процесса гравитационного обогащения и совершенствование математических моделей процессов // Вестник ИрГТУ. 2015. № 2. С. 168–173.
 8. Ястребов К.Л. Развитие теории, технологии и совершенствование конструкции оборудования рудного самоизмельчения и гравитационного обогащения полезных ископаемых : дисс. ... докт. техн. наук. Иркутск, 2002.
 9. Карлина А.И. Изучение структуры внутренних течений и волнового движения водного и взвешенного потока // Вестник ИрГТУ. 2015. № 4. С. 137–145.
 10. Yastrebov K.L., Dykusov G.E., Karlina A.I. Problem solution of reagent free complex preparation and natural water & sewage purification. – Science and Education, Material of the VI international research and practice conference, June 27th–28th, 2014, Munich, Germany, 2014, p. 518–524. / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg –Munich, Germany, 2014.
 11. Yastrebov K.L., Dykusov G.E., Karlina A.I. Improved modes reagentless comprehensive preparation and purification of natural and waste waters. – Science and Education, Material of the VII international research and practice conference, October 29th–30th, 2014, Munich, Germany, 2014, p. 241–245. / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg –Munich, Germany, 2014.
 12. Yastrebov K.L., Dykusov G.E., Karlina A.I. Elaboration of technology and the way of reagent free complex preparation and purification of natural water & sewage. – Science and Education, Material of the V international research and practice conference, Vol. II, February 27th–28th, 2014, Munich, Germany, 2014, p. 392–401. / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg –Munich, Germany, 2014.
 13. Технология очистки сточных вод гидролизных производств / В.В. Коростовенко и др. // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. 2013. № 7 (78). С. 105–109.
 14. Ястребов К.Л., Дружинина Т.Я., Карлина А.И. Рудное самоизмельчение. Germany : Издательство Lap Lambert Academic Publishing. 2014. 413с.
 15. Подготовка и очистка природных и сточных вод / К.Л. Ястребов и др. Иркутск : Изд-во ИрГТУ. 2014. 564 с.
 16. Карлина А.И. Исследование работы гидроэлеваторов и безнапорного самотечного транспорта // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. №4. С. 62–69.
 17. Карлина А.И. Расчет производительности промывочных машин и устройств // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. № 1. С. 54–62.
 18. Карлина А.И. Анализ современных и перспективных способов воздействия на природные и сточные воды // Вестник ИрГТУ. 2015. № 5. С. 146–150.
 19. Изучение текстурно-структурных особенностей золотосодержащих аллювиальных песков и методы их переработки / В.А. Гронь и др. // Вестник ИрГТУ. 2015. № 9 (104). С. 67–72.
 20. Сысоев И.А., Кондратьев В.В., Ржечицкий А.Э. Исследование применения эффекта Коанды для сепарации целевой фракции микрочастиц кварца // Вестник ИрГТУ. 2011. № 11 (58). С. 174–178.
 21. Турбулентность потоков в гидроциклоне / В.В. Коростовенко и др. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2015. Т. 1. С. 254–258.
 22. Новые технологические решения по переработке отходов кремниевого и алюминиевого производств / В.В. Кондратьев и др. // Металлург. 2013. № 5. С. 92–95.
 23. Ivanchik N., Kondrat'ev V., Chesnokova A. Use of Nanosilica Recovered from the Finely Dispersed By-product of the Electrothermal Silicon Production for Concrete Modification // Procedia Engineering 2. Сер. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. С. 1567–1573.
 24. Kondratev V.V., Kuznetsov S.G., Lebedev N.V., Ivanov N.A. Konischer abschleifender schlagzerkleinerer // патент на изобретение DEU IPC B02C 2/10 Nr. 20 2013 004 508.6 15.05.2013
 25. Естественная аэрация струй и потоков / В.В. Кондратьев и др. // Вестник ИрГТУ. 2015. № 10. С. 80–87.
 26. Пат. 2500480 Рос. Федерация. Способ извлечения наноразмерных частиц из техногенных от-



- ходов производства флотацией / В.В. Кондратьев, А.А. Немаров, А.Э. Ржечицкий, Н.А.Иванов, Н.В. Лебедев ; опубли. 10.12.2013.
27. Исследования свойств и возможности использования кварцита фракции 0-20 мм Черемшанского месторождения / Г.А. Шишкин и др. // Вестник ИрГТУ. 2012. № 8 (67). С. 78–85.
28. Пат. 2578319 Рос. Федерация. Способ выделения углеродных наночастиц из техногенного углеродистого материала / Ржечицкий Э.П., Кондратьев В.В. ; опубли. 27.03.2016.
29. Ознобихин Л.М., Дружинина Т.Я., Немаров А.А. Кинетика мокрого рудного самоизмельчения // Вопросы естествознания. 2015. № 1 (5). С. 79–85.
30. Немаров А.А., Лебедев Н.В. Разработка научных основ повышения производительности флотационных машин и оценка их экономической эффективности // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. № 3 (47). С. 79–82.
31. Немаров А.А., Лебедев Н.В., Карлина Ю.И. Теоретические и экспериментальные исследования параметров пневмогидравлических аэраторов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. № 4 (48). С. 44–50.
32. Дружинина Т.Я., Немаров А.А., Небогин С.А. Основные типы конструкций отсадочных машин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 3 (51). С. 88–92.
33. Шахрай С.Г., Гронь В.А., Дружинина Т.Я. Добавка металлических измельчающих тел в мельницу // Вопросы естествознания. 2015. № 1 (5). С. 96–100.
34. Дружинина Т.Я., Шахрай С.Г., Гронь В.А. Крупность и гранулометрический состав исходного питания // Вопросы естествознания. 2015. № 1 (5). С. 65–69.

УДК 66.021

*Дементьев Анатолий Иванович,**к. т. н., доцент, декан технологического факультета, Ангарский государственный технический университет, тел. 8(395)552-36-41, e-mail: andemtev@mail.ru**Подоплелов Евгений Викторович,**к. т. н., доцент, зав. кафедрой машин и аппаратов химических производств, Ангарский государственный технический университет, тел. 8 (908)650-18-70, e-mail: uch_sovet@angtu.ru**Мартинюк Владимир Васильевич,**инженер кафедры машин и аппаратов химических производств, Ангарский государственный технический университет, тел. 8(395)551-29-51, e-mail: uch_sovet@angtu.ru**Корчевин Николай Алексеевич,**д. х. н., профессор кафедры «Техносферная безопасность», Иркутский государственный университет путей сообщения, тел. 8(950)125-48-38, e-mail: rusnatali64@yandex.ru,*

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОРИСТОГО МЕТАЛЛИЗИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБ

A. I. Dement'ev, E. V. Podoplelov, V. V. Martynyuk, N. A. Korchevin

EQUIPMENT FOR APPLYING A POROUS METALLIC COATING ON THE SURFACE OF HEAT EXCHANGER TUBES DEVELOPMENT

Аннотация. Водоохлаждаемые теплообменные аппараты являются наиболее распространенным технологическим оборудованием химических и нефтехимических производств. Основными причинами низкой коррозионной стойкости водоохлаждаемых теплообменников являются термодинамическая неустойчивость углеродистых сталей в воде и значительное влияние на коррозию теплофизических и гидродинамических условий процесса теплопередачи. В статье рассматривается новое технологическое оборудование для нанесения металлизированных пористых покрытий на внутреннюю и внешнюю поверхности теплообменных труб со сплошным или спиралевидным покрытием. Покрытие внутри трубы наносится методом электроискрового напыления с использованием дискового цинкового электрода и созданием разности потенциалов между напыляемой поверхностью и электродом. Поступательное движение электрода внутри трубы дает возможность нанесения спиралевидного покрытия. Для напыления покрытия на внешней поверхности трубы предложен станок, в котором одновременно обрабатывается 6–12 труб. Использование металлизированного покрытия позволит снизить скорость коррозии, а применение спиралевидного покрытия на теплообменных трубах приведет к турбулизации потока теплоносителя, увеличению коэффициентов теплоотдачи и повышению эффективности процесса теплопередачи. Расчет коэффициентов теплоотдачи от воды для гладких труб с сегментными перегородками и для труб с пористым металлизированным покрытием показывает возможность их увеличения в 2–4 раза. Таким образом, металлизированное покрытие будет выполнять не только функцию