

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЕРМЕТИЗИРОВАННОГО НАПОРНОГО ЭКСТРАКТОРА

Косулина Н. Г.¹, Черенков А. Д.¹, Михайлова Л. М.²

¹Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко,

²Подольский государственный аграрно-технический университет

В настоящей статье изложены основные теоретические исследования по созданию герметизированного напорного экстрактора. Показаны пути решения и даны практические рекомендации по внедрению приведенных технических решений в экспериментальном образце. Особенностью конструкции экстрактора являются высокие угловые скорости, момент инерции вращающихся деталей, большие давления, наличие узлов, обеспечивающих подвод и отвод жидкостей, герметичность.

Постановка проблемы. Анализ работы текстильной промышленности за последние годы позволяет сделать вывод, что спад производства продолжается и экономические условия функционирования предприятий не позволяют остановить снижение объема производства [1]. Технический уровень оборудования, установленного на фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ) не соответствует современным требованиям, а машиностроение Украины для этой отрасли машин и оборудования не выпускает [1].

Анализ технологического процесса и оборудования, применяемого на фабриках ПОШ, выявил существенные недостатки [1, 2].

Для устранения указанных недостатков нами были намечены пути, позволяющие, на наш взгляд, разрешить перечисленные проблемы, а для этого необходимо:

- разработать новую безотходную технологию по первичной обработке шерсти;
- разработать малогабаритное оборудование для работы по безотходной технологии на основе гидродинамического напорного экстрактора.

Анализ последних достижений и публикаций. Большое число различных загрязнений в производственных сточных водах обуславливает и многочисленные способы, методы, приемы и технологические схемы, применяющиеся при их очистке.

Существующие методы очистки можно разделить на пять групп: *механические* – усреднение, аэрация, отстаивание, осаждение в гидроциклонах, процеживание, фильтрация; *химические* (реагентные) – нейтрализация и фильтрация через активные загрузки, коагулирование, химическое осаждение и соосаждение вредных веществ, окисление и восстановление; *физико-химические* – экстракция, эвапорация, адсорбция, ионный обмен, электрокоагуляция и электролиз, флотация, кристаллизация; *биологические* – аэробное окисление на биофильтрах и в аэротенках, анаэробное сбраживание в метантенках; *термические* – выпаривание и испарение, сжигание сточных вод, сушка осадков.

Рассматриваемые методы в свою очередь разделяют на *регенеративные* и *деструктивные*.

К регенеративным относят большинство физико-химических методов, таких как: экстракция, эвапорация, адсорбция, ионный обмен, электролиз, кристаллизация. Остальные методы по существу деструктив-

ны, однако в отдельных конкретных случаях с их помощью можно осуществлять и регенеративную очистку, то есть извлекать из сточных вод полезные вещества [1, 2].

В практику последних лет вошел метод флотации для очистки сточных вод первичной обработки шерсти. К недостаткам реагентно-флоатационной технологии следует отнести необходимость осуществления флоатационного процесса при низких значениях Ph до величины 4,2 – 4,5, требует применения кислотостойкого оборудования не только в блоке очистных сооружений, но и в блоке обработки осадков.

Анализ литературы и результатов наших исследований показали, что наиболее приемлемым методом очистки сточных вод с возвратом их в оборотную систему может быть применение центрифугирования и электрофлотации.

Существенным недостатком электрофлоаткоагуляции являются процессы пассивации поверхности растворимых электродов и адсорбции на них посторонних примесей.

Поэтому поддержание оптимальной плотности тока является необходимым условием эксплуатации электрокоагулятора. Проведенный анализ показывает, что степень очистки зависит от многих факторов, основными из которых являются: плотность тока, время обработки, высота слоя жидкости, температура жидкости и степень диссоциации воды на ионы, оцениваемая по водородному показателю рН.

Цель статьи. Определение гидродинамических параметров герметизированного напорного экстрактора.

Основной материал исследования. Экспериментальные работы позволили установить лишь качественную картину гидродинамического процесса и влияние отдельных факторов на характер его протекания.

При вращении жидкости вместе с ротором давление в любой точке расположенной внутри рабочего объема определяется угловой скоростью вращения ротора ω , объемным весом жидкости γ и радиусом расположения данной точки R_i от оси вращения [3, 4]. Расчетная формула для определения давления будет:

$$P_i = \frac{\gamma \omega^2 R_i^2}{2g} \quad (1)$$

Если внутренняя полость вращающегося ротора ограничена цилиндрами с радиусами R_n и R_k , то расчет выполняется по формуле 2.2:

$$P_i = \frac{\gamma \omega^2 (R_k^2 - R_n^2)}{2g}, \quad (2)$$

Для определения гидродинамики при вращении ротора разработана программа (GIDRAVL-1). На рис. 1 и 2 приведены графики, показывающие взаимосвязь между диаметром ротора, частотой его вращения и развиваемым давлением.

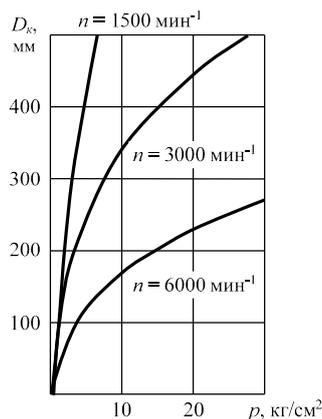


Рисунок 1 – Зависимость между диаметром ротора и развиваемым давлением

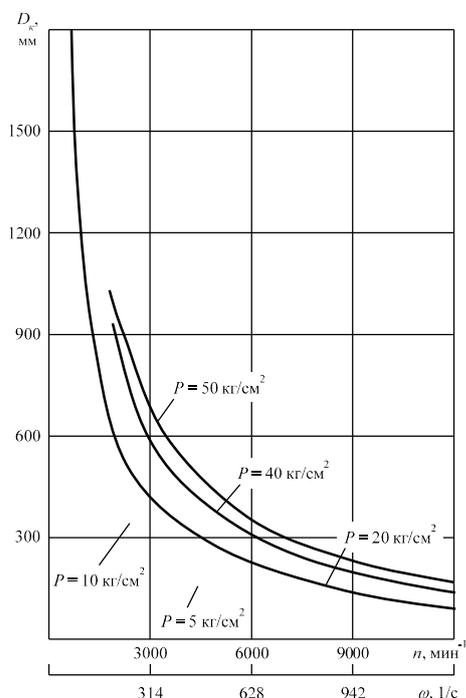


Рисунок 2 – Зависимость между диаметром ротора, частотой его вращения и развиваемым давлением

Ротор экстрактора имеет цилиндрическую форму. При непрерывном питании экстрактора тяжелой и легкой фракциями в роторе создаются встречные осевые потоки, замкнутые в кольцевом пространстве

между цилиндрами ротора.

Применим уравнение Бернулли для цилиндрического потока в поле центробежных сил. Форма его для случая, когда жидкость находится только под воздействием центробежных сил:

$$\frac{\omega^2 (R^2 - r^2)}{2} + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2} = const, \quad (3)$$

Рассмотрим перемещение жидкости из одного сечения в другое. На рис. 3 показан участок потока 1 – 2 в центробежном поле.

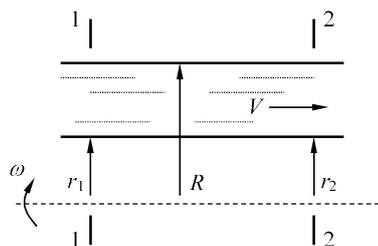


Рисунок 3 – Участок потока 1 – 2 в центробежном поле

Уравнение для потока реальной жидкости вдоль цилиндров ротора будет:

$$\begin{aligned} \frac{\omega^2 (R^2 - r_1^2)}{2} + \frac{p_1}{\lambda} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2} &= \\ = \frac{\omega^2 (R^2 - r_2^2)}{2} + \frac{p_2}{\lambda} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2} + h, \end{aligned} \quad (4)$$

где h – потеря удельной энергии потока между рассматриваемыми сечениями; α – коэффициенты Кориолиса в рассматриваемых сечениях.

На основании приведенных выше уравнений получим формулу истечения жидкости из вращающегося цилиндра.

Пусть из вращающегося цилиндра через отверстие в стенке вытекает жидкость под постоянным напором. Для определения скорости вытекания жидкости воспользуемся уравнением (4), составив его для цилиндрических поверхностей радиусов R (наружный) и r_0 (внутренний) слой жидкости. Тогда, пренебрегая величиной скорости на свободной поверхности жидкости и принимая коэффициент Кориолиса равным единице, а также полагая, что давления в сечениях равны атмосферному, получим:

$$\frac{\omega^2 (R^2 - r_0^2)}{2} = \frac{V^2}{2}. \quad (5)$$

Откуда:

$$V = \omega \sqrt{R^2 - r_0^2}. \quad (6)$$

Если вращающийся цилиндр целиком заполнен жидкостью, то:

$$V = \omega R = U_0. \quad (7)$$

Таким образом, при заполненном цилиндре, скорость вытекания жидкости через отверстие равна окружной скорости вращения цилиндра.

Принимаем следующие допущения: p_2 равно нулю, p_1 не равно нулю, $\alpha = 1$,

$$\psi = \frac{h}{p}. \quad (8)$$

Для определения расхода через отверстие в цилиндре воспользуемся формулой:

$$W = \varphi \varepsilon S \sqrt{\frac{2p(1-\psi)}{\gamma}} + \omega^2 (R^2 - r_0^2), \quad (9)$$

где S – площадь сечения отверстия, φ – коэффициент скорости, ε – коэффициент сжатия струи.

Среднее значение потенциальной и кинетической энергии, приходящейся на единицу массы жидкости, протекающей через сечение потока, отнесенное к условной поверхности, называется удельной энергией. Удельная энергия во вращающемся цилиндре выражается уравнением:

$$E_p = \frac{1}{2} \omega^2 (R^2 - r_0^2) + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2}. \quad (10)$$

Пренебрегая атмосферным давлением, получаем следующее выражение удельной энергии, отнесенной к внутренней поверхности вращающегося цилиндрического ротора:

$$E_0 = \frac{1}{2} \omega^2 (R^2 - r_0^2) + \frac{\alpha V^2}{2}. \quad (11)$$

Это удельная энергия сечения.

Объемная скорость через все поперечное сечение кольцевого потока:

$$V = \frac{\pi (p_1 - p_2)}{\mu L} \int_r^R \left(\frac{1}{2} (R^2 - r^2) + r_0^2 \ln \frac{r}{R} \right) r dr, \quad (12)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости (н.сек/м.кв).

После интегрирования, преобразований и сокращения находим объемную скорость (в м.куб/сек):

$$V = \frac{\pi (p_1 - p_2)}{\mu L} \left(\frac{R^4}{4} + \frac{3}{4} r_0^4 - R^2 r_0^2 - r_0^4 \ln \frac{r_0}{R} \right). \quad (13)$$

Выводы. Приведенные выше расчетные формулы описывают процессы, происходящие в осветлительных центрифугах и негерметизированных экстракторах. В этих агрегатах на производительность влияют

кинематические и геометрические параметры ротора. В герметизированных экстракторах тяжелая фракция в поле центробежных сил будет накапливаться на большом радиусе внутренней плоскости ротора и для её движения необходимо создать избыточное давление на входе экстрактора.

Список использованных источников

1. Шерсть. Первичная обработка и рынок / Рогачев Н. В., Васильева Л. Г., Тимошенко Н. К. и др.; под ред. Тимошенко Н. К. Москва : ВНИИМП РАСХН, 2000. 600 с.
2. Determining parameters of electromagnetic radiation for energoinformational disinfection of wool in its pretreatment / Kosulina N., Cherenkov A., Pirotti E., Moroz S., Chorna M. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 2/5 (86). P. 52–59.
3. Визначення параметрів гідродинамічного випромінювача звукових коливань / Семенець В. В., Аврунін О. Г., Михайлова Л. Н., Косуліна Н. Г., Черенков О. Д. *Збірник наукових праць ХНУРЕ, Радіотехніка*. 2019. Вип. 196. С. 167 – 179.
4. Черенков А. Д., Косуліна Н. Г. Плоский гидродинамический излучатель в устройствах мойки шерсти. *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК*. 2016. №1 (4). С. 62–67.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕРМЕТИЗОВАНОГО НАПОРНОГО ЕКСТРАКТОРА

Косуліна Н. Г., Черенков А. Д., Михайлова Л. М.

Вкладено основні теоретичні дослідження зі створення герметизованого напірного екстрактора. Показано шляхи рішення та надано практичні рекомендації по впровадженню наведених технічних рішень в експериментальному зразку. Особливістю конструкції екстрактора є високі кутові швидкості, момент інерції деталей, що обертаються, великі тиски, наявність вузлів, що забезпечують підведення та видалення рідин, герметичність.

Abstract

DETERMINATION OF HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF A SEALED PRESSURE EXTRACTOR

N. Kosulina, O. Cherenkov, L. Myhailova

The basic theoretical researches on creation of the pressurized pressure extractor are presented. The solutions are shown and practical recommendations on the implementation of the technical solutions in the experimental sample are given. The special feature of the extractor design is a high angular velocity, a moment of inertia of rotating parts, high pressures and presence of the nodes that provide the supply and removal of liquids and tightness.