

СОЗДАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОСЕВОГО НАСОСА С ЛОПАСТНОЙ СИСТЕМОЙ ТИПА НР ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АММОФОСА

*А.Г. Гусак, А.А. Евтушенко, И.В. Островский, А.А. Папченко
Сумский государственный университет, г. Сумы*

Интенсификация технологических процессов в ряде случаев сопровождается применением дополнительных технических систем. Не является исключением и технология изготовления аммофоса (ГАК «Крымский Титан»), которая получается путем сернокислотного разложения апатитового концентрата с последующей упаркой. В рамках промышленных предприятий это реализуется в химических реакторах (рис.1), которые представляют собой емкости, разделенные вертикальными перегородками на отсеки. Перемешивание апатитового концентрата с серной кислотой в каждом отсеке осуществляется вертикальными лопастными мешалками. Конструкция перегородок между отсеками предусматривает перетекание рабочей среды между отсеками.

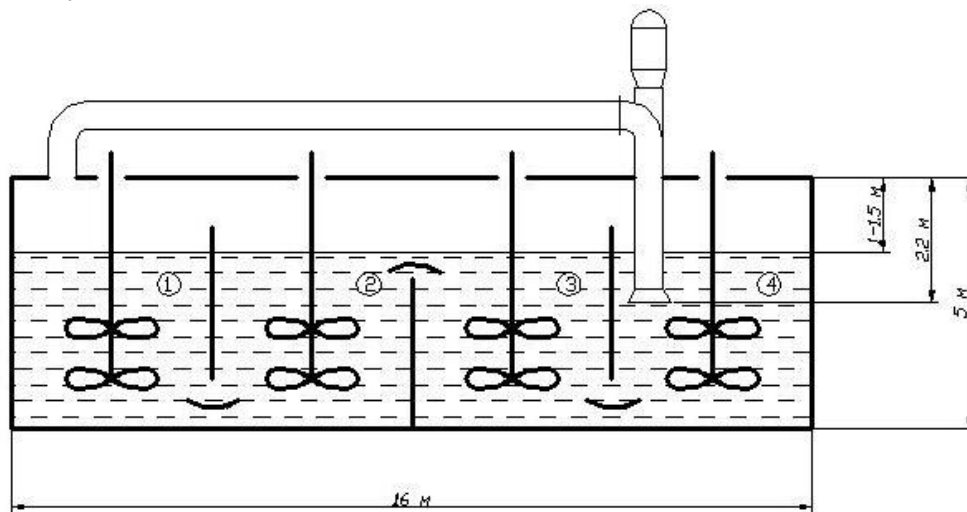


Рисунок 1 - Схема реактора фосфорной кислоты

Одним из основных резервов снижения технологического времени протекания химической реакции является интенсификация процесса перемешивания рабочей среды за счет принудительного прокачивания рабочей среды между отсеками. При этом скорость движения рабочей среды выбирается из условий взвешивания в потоке основных твердых компонентов. Практически доказана возможность снижения времени прохождения химической реакции на 50-100% за счет указанных мероприятий.

Рабочая среда представляет собой смесь фосфорной кислоты (H_3PO_4) - 18%, серной кислоты (H_2SO_4) - 20г/л и твердых компонентов: S_2O_5 - до 20%, MnO - 0.98%, F - 1.2% и др. В целом содержание твердой фракции пульпы достигает 40%, а размеры частиц находятся в диапазоне от 0,003 до 7 мм. Температура рабочей среды составляет 76-78°C. При незначительном понижении температуры экстракционной фосфорной пульпы происходит ее кристаллизация на поверхностях реактора и устройств, которые находятся в нем.

С учетом особенности технологической линии и конструкции реактора авторами статьи выполнена разработка полупогружного осевого химического вертикального насоса (ОХВ) для циркуляционного прокачивания рабочей среды между отсеками (рис. 2). Исходными данными для разработки являются:

- глубина всасывания не менее 2,2 м;
- подача – 2 000 м³/ч;
- напор – 3,5 м.

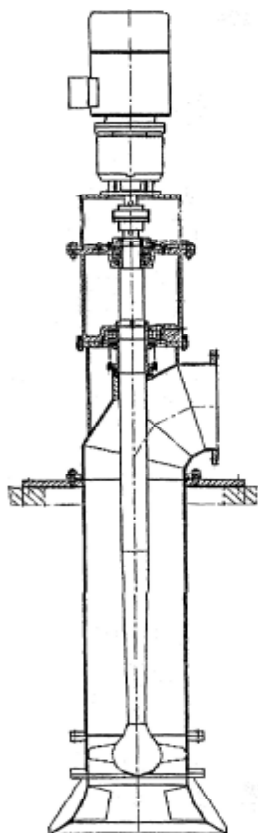


Рисунок 2 – Насос
ОХВ 2000/3,5

Специфика рабочей среды требует использования проточных частей, которые обладают повышенной проходной способностью и имеют минимальное количество лопастей для снижения забиваемости при кристаллизации продукта.

С учетом этого предпочтение было отдано конструктивной схеме НР (направляющий аппарат – рабочее колесо), которая не уступает по уровню КПД классической схеме проточной части осевого насоса (рабочее колесо – выправляющий аппарат) при использовании разработанного на кафедре прикладной гидроаэромеханики методики ее проектирования [1].

Методика проектирования включает два этапа: выбор меридианной проекции и проектирование собственно лопастной системы. Взаимная связь меридианной проекции и формы проектируемой лопасти в настоящее время изучена недостаточно, что в пределах накопленных эмпирических данных компенсируется соответствующим выбором исходных расчетных параметров и граничных условий на входе и выходе лопастных систем.

Методика расчета лопастных систем направляющего аппарата (н.а) и рабочего колеса (р.к.) основана на последовательном применении

обратной и прямой гидродинамических задач. При помощи обратной задачи определяется форма лопасти р.к. (метод Вознесенского-Пекина или Лесохина-Симонова) и лопатки н.а. (метод Бауэрсфельда).

Решение прямой задачи в той или иной постановке дает возможность расчетным путем оценить варианты лопастных систем в части:

- обеспечения требуемого теоретического напора;
- совпадения расчетной и оптимальной подач;
- прогнозирования кавитационной характеристики.

Такой подход позволяет отобрать для прогнозирования и испытания лучшие лопастные системы, что значительно сокращает время и себестоимость разработки проточных частей осевых насосов.

Базовыми поверхностями проектирования обводов меридианной проекции являются:

– втулка р.к., определяемая необходимым для размещения лопасти осевым размером и втулочными отношениями на входе $\bar{d}_{вм1}$ и выходе $\bar{d}_{вм2}$;

– наружный диаметр р.к., $D_{р.к}$;

– внутренний диаметр напорного трубопровода.

Общим условием выбора формы меридианной проекции проточной части является достижение минимума гидравлических потерь, что трансформируется в следующие методические рекомендации [2]:

– в н.а. организуется конфузورный поток, исключая возможность образования локальных диффузорных зон. Степень поджатия конфузора $n = 2.5$ для обеспечения устойчивости потока перед рабочим колесом;

– наибольшая кривизна проточного тракта приходится на входную часть н.а., что сводит к минимуму влияние кривизны канала на выходящий из н.а. поток;

– обводы меридианной проекции по возможности на большей их протяженности формируются гидравлически гладкими кривыми, обеспечивающими минимальные потери на трение при обтекании жидкостью;

– общий график изменения проходных площадей меридианного сечения проточной части от входа к выходу должен быть возможно более плавно меняющимся.

Учет изложенного при проектировании меридианной проекции позволяет обеспечить уровень экономичности проточной части, соответствующий достигнутому в проточных частях аналогичной быстроходности других конструктивных схем. Дальнейшее улучшение гидравлических качеств проточной части требует достоверного знания поля скоростей и давлений в ее меридианной проекции. Его определение принципиально возможно путем проведения соответствующего физического эксперимента, однако это требует значительных временных и иных затрат. Переход к более дешевому расчетному эксперименту ограничивается несовершенством используемых в гидромашиностроении математических моделей течения жидкости.

Выбор частоты вращения рабочего колеса выполнялся с учетом снижения его абразивно-химического износа. Рекомендуемая частота вращения для указанной конструкции (550-600 об/мин) может быть обеспечена за счет использования редуктора либо частотного регулятора приводного электродвигателя.

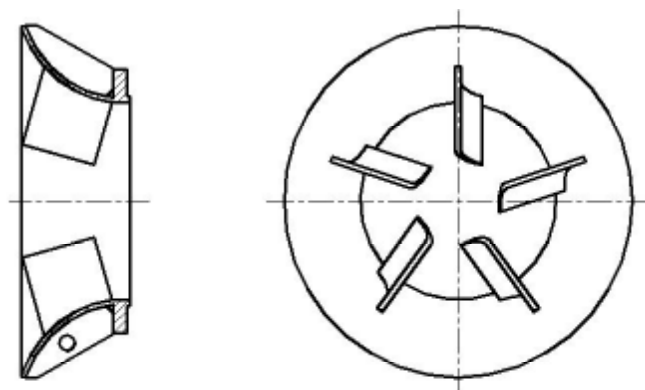


Рисунок 3 – Подвод насоса ОХВ



Рисунок 4 – Рабочее колесо насоса ОХВ

Формирование необходимой структуры потока с отрицательным моментом скорости перед рабочим колесом осуществляется диффузорным направляющим аппаратом (рис. 3). Направляющий аппарат представляет собой диффузную обечайку с закрепленными на ней 5 цилиндрическими лопатками. Сформированный поток поступает на рабочее колесо, представляющее собой втулку с размещенными на ней 4 профилированными лопастями (рис. 4). Отвод рабочей среды осуществляется по напорному трубопроводу. Рабочее колесо

закреплено консольно на валу насоса. Уплотнение вала обеспечивается сальниковым уплотнением с подводом запирающей жидкости. Радиальные усилия ротора насоса воспринимаются двумя роликовыми сферическими подшипниками, установленными в подшипниковом кронштейне. Осевая сила ротора воспринимается верхним радиально упорным подшипником. Передача крутящего момента от двигателя к ротору насоса осуществляется посредством упругой втулочно-пальцевой муфты.

Расчетная рабочая характеристика насоса представлена на рис.5. Главной особенностью конструктивной схемы НР осевого насоса является то, что характеристика мощности имеет возрастающий вид. Исходя из этого для обеспечения частоты вращения ротора насоса выбран тиристорный преобразователь частоты тока. Это позволяет обеспечивать мягкий пуск насосного агрегата.

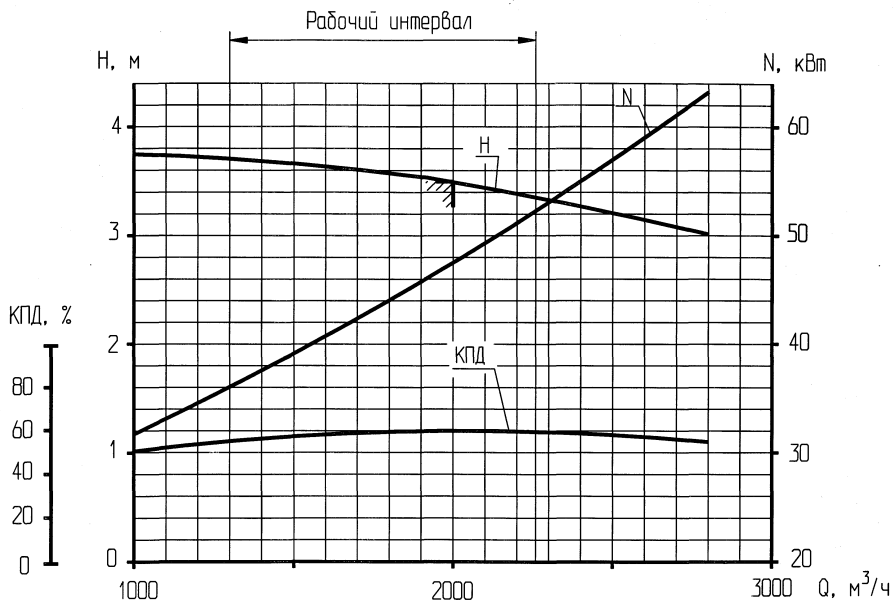


Рисунок 5 - Рабочая характеристика насоса ОХВ при $\rho=1500 \text{ кг/м}^3$ и $n=580 \text{ об/мин}$

Таким образом, предложенная конструктивная НР схема осевого насоса была взята за основу при разработке и проектировании промышленного образца.

SUMMARY

CREATION OF VERTICAL AXIAL-FLOW PUMP WITH HP TYPE IMPELLER SYSTEM FOR INTENSIVE TECHNOLOGICAL PROCESS FOR AMMONIA PHOSPHATE GETTING

A.G. Gusak, A.A. Yevtushenko, I.V. Ostrovskiy, A.A. Papchenko
Sumy State University

The article is devoted to creation vertical the axial pump for an intensification process manufacturing of a phosphoric acid. Necessity of a choice of the nonconventional constructive scheme axial to pump NR proceeding from operating conditions and specificity of a working environment is proved. The general differences of the characteristic of the pump of the resulted design are certain.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтушенко А.А., Гусак А.Г. Основы теории проектирования лопастной системы типа НР насоса высокой быстроходности // Труды VIII Международной научно-технической конференции «Насосы-96». – Сумы: ИПП «Мрия-1» ЛТД, 1996. Т.1. – С.334-346.
2. Евтушенко А.А., Гусак А.Г., Бурлака В.Б. Задача создания нового поколения капсульных осевых насосов // Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», «Машиностроение». – №34. – 1999. – С.334-341.

Гусак А.Г., канд. техн. наук, доцент, СумГУ, г. Сумы;

Евтушенко А.А., канд. техн. наук, профессор, СумГУ, г. Сумы

Островский И.В., СумГУ, г. Сумы;

Папченко А.А., канд. техн. наук, доцент, СумГУ, г. Сумы

Поступила в редакцию 11 ноября 2008 г.