

## СЕКЦИЯ 2

### *МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ*

УДК 621.694.3

**А.М. Кравцов, к.т.н., доцент, Д.С. Шахрай, магистр**  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОВОЗДУШНЫХ ЭЖЕКТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

#### **Введение**

Водовоздушный эжектор относится к классу струйных аппаратов и предназначен для получения водовоздушной смеси при взаимодействии струи рабочей жидкости с окружающим ее газом.

Основным недостатком, препятствующим широкому использованию струйных аппаратов, является относительно невысокий КПД. Однако исследования последних десятилетий свидетельствуют о том, что струйные аппараты могут эксплуатироваться с КПД не ниже 40 %, что соизмеримо с КПД вихревых и некоторых типов центробежных насосов [1, стр. 3]. Этого можно достичь путем совершенствования конструкций, а также разработки научно-обоснованных методик расчета струйных аппаратов.

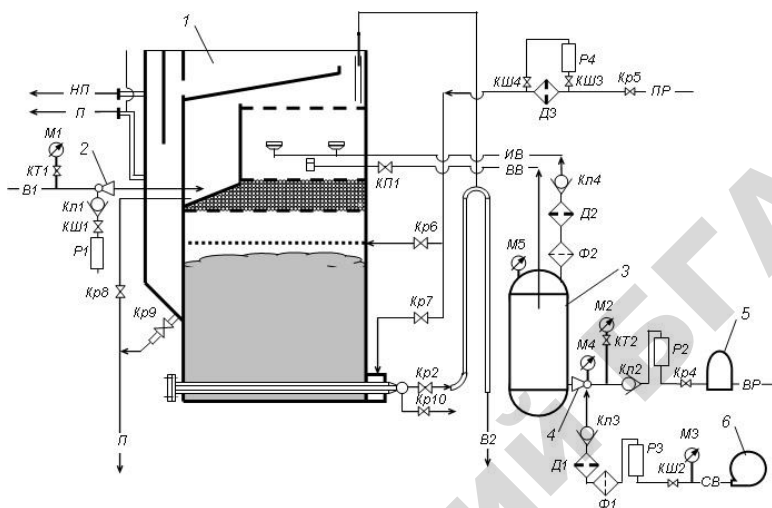
#### **Основная часть**

В гидравлических системах с низким противодавлением применение эжекторов давно оправдано. Однако при попытках использования существующих эжекторов в напорных системах с высоким значением противодавления возникают проблемы, а именно, низкий КПД, неустойчивая работа или полное отсутствие подсоса пассивной среды. Это обусловлено неподходящей конструкцией аппарата и несовершенством методик его расчета.

В качестве примера можно привести схему сооружений для очистки нефтесодержащих сточных вод (рис. 1), пуско-наладка которых осуществлялась в рамках проведения НИР.

В технологической схеме (рис. 1) применяется два гидроструйных аппарата: эжектор струйной флотации 2 и эжектор в системе напорной флотации, обозначенный как гидроструйный смеситель 4. Проблем с наладкой и эксплуатацией эжектора 2 не возник-

ло, так как действующее противодавление в камере струйной флотации не превышает 0,015 МПа.



*Рис. 1. Схема водоочистной установки:*

1 – фильтр-флотатор; 2 – эжектор струйной флотации; 3 – сатуратор; 4 – гидроструйный смеситель; 5 – насос; 6 – компрессор; В1, В2, ВР, СВ, ВВ, ИВ, ПР, П и НП – трубопроводы подачи сточных вод, отвода очищенной воды, подачи рециркуляционной воды, подачи сжатого воздуха, подачи водовоздушного раствора, подачи избыточного воздуха, подачи чистой воды на обратную промывку, отвода промывной воды и отвода нефтешлама соответственно; Кл – клапан обратный; КШ – кран шаровой; КТ – кран трехходовой; КП – кран пробковый; Кр – кран; Р – расходомер; Ф – фильтр; Д – диафрагма; М – манометр

Однако эжектор 4 в системе напорной флотации не способен обеспечить самовсасывание и для его работы в схеме предусмотрен компрессор 6. Фактически эжектор 4 выполняет только функцию перемешивания потоков воды и воздуха, поэтому в данной схеме он назван «гидроструйный смеситель». Проблемы с работой эжектора в системе напорной флотации обусловлены большим противодавлением в сатураторе 3, величина которого должна поддерживаться в пределах 0,35-0,4 МПа.

Исследования [2, 3] показали, что применяя новые подходы к конструированию и расчету эжекторов можно добиться эффективного их использования в системах с большим противодавлением.

Это позволит отказаться от использования компрессора в представленной на рис. 1 схеме, что повысит эффективность сооружений за счет снижения энергопотребления и затрат на приобретение и обслуживание вспомогательного оборудования.

Результаты проведенных исследований [2, 3] можно применить в других технологиях. Например, в сооружениях очистки сточных вод молочного производства [4]. Заменяв реагентную барботажную флотацию на струйную и напорную флотацию по схеме, аналогичной рис. 1, можно отказаться от использования дорогостоящих реагентов и необходимости содержания реагентного хозяйства.

Другим перспективным направлением является использование процесса напорной флотации в технологиях биологической очистки сточных вод. Как правило, для насыщения воды кислородом применяются пневматические аэраторы, при помощи которых невозможно добиться получения пузырьков воздуха размером менее 1 мм. В случае применения напорной флотации можно получать мелкие пузырьки воздуха заданного размера и добиваться полного его растворения в сточных водах. Для этого часть воды (10-15 % от общей производительности сооружений) будет полностью насыщаться воздухом под давлением в сатураторе. После снятия давления при выпуске насыщенной воды в основной объем сооружений будут выделяться мелкие пузырьки заданного размера и насыщать кислородом остальной объем сточных вод.

### **Заключение**

На основании результатов комплекса исследований определены перспективные направления совершенствования очистных сооружений за счет применения водовоздушных эжекторов.

Практическое использование результатов НИР позволит отказаться от компрессорного оборудования, используемого в технологических схемах очистки сточных вод, и повысить эффективность работы очистных сооружений.

### **Список использованной литературы**

1. Лямаев, Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б.Ф. Лямаев. – Л.: Машиностроение, 1988. – 276 с.

2. Кравцов, А.М. Экспериментальные исследования работы эжекторов / А.М. Кравцов // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2000. – № 3. – С.90–95.
3. Кравцов, А.М. Использование гидроструйных эжекторов в напорных гидравлических системах / А.М. Кравцов, Д.С. Шахрай // Агропанорама. – 2016. – № 2. – С.37–43.
4. Кравцов, А.М. Использование процесса флотации при очистке стоков молочного производства / А.М. Кравцов, Д.С. Шахрай // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Минск : БГАТУ, 2015. – С. 57-58.

УДК 697.635

**В.Б. Ловкис, к.т.н., доцент, Н.А. Деменок, магистр,  
Ю.Н. Рогальская, студент, Оксюковский И.А., студент**  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИНФРАКРАСНОГО ОБОГРЕВА**

### **Введение**

По результатам анализа научно-технической и патентной литературы и собственным результатам теоретических исследований установлено, что эффективность инфракрасного обогрева растений в выбранном диапазоне температур и влажности существенно возрастает [1].

Для проведения эксперимента были выбраны три варьируемых фактора:  $x_1$  – расстояние от инфракрасного источника до верхнего слоя грунта, м;  $x_2$  – расход природного газа, г/с;  $x_3$  – мощность инфракрасных источников, кВт. В качестве критерия оптимизации была выбрана температура верхнего слоя грунта, °С.

### **Основная часть**

Отыскание экстремального значения функции, зависящей от нескольких переменных, для которой отсутствует аналитическое выражение, методами последовательного варьирования одной переменной при фиксированных значениях всех остальных потребует