

Повышенное внимание к гидроциклонам для разделения жидкостей эмульсионного типа возникло в связи с экологическими проблемами, так как практически все промышленные предприятия имеют сточные воды, содержащие нефтяные, масляные, жировые загрязнения [5, 7]. Гидроциклоны просты по конструкции, компактны, высокопроизводительны, дешевы в изготовлении [1÷4]. Все ранние проведенные исследования выполнены на стандартных формах гидроциклонов, которые имели большее выходное сечение верхнего сливного патрубка по отношению к нижнему шламовому патрубку и практически отсутствуют исследования гидродинамики гидроциклонов с малым расходом жидкости через верхний сливной патрубок. Технологические требования к гидроциклонам для разделения эмульсий с малым содержанием легких примесей (около 1 %), к которым относятся нефтесодержащие сточные воды промышленных предприятий, определяет отвод основного количества очищенной жидкости через нижний сливной патрубок, и лишь небольшую часть жидкости, обогащенную легкими примесями через верхнее сливное отверстие. Исследуемый цилиндрический гидроциклон имел диаметр - 50 мм. Отвод жидкости осуществляется через верхний сливной патрубок и два диаметрально-противоположно расположенных выходных патрубка, размеры которых выбирались исходя из задания необходимого соотношения расходов через выходные патрубки. В процессе проведения экспериментов ставилась задача охватить не исследованную область с точки зрения распределения потоков по сливам и рассмотреть изменения гидродинамики потока при изменении соотношения между сливными патрубками. Измерение полей скоростей и давлений гидроциклона проводилось зондовым методом [6]. На рис. 1 показаны зависимости распределения статического давления и тангенциальной скорости при отводе 5.03 % жидкости от общего потока через верхний сливной патрубок, общий расход жидкости при этом составлял 0.64 л/с. Эксперименты проводились при диаметре двух тангенциально противоположных входных патрубков (dвх) по 7.5 мм, диаметре нижнего слива (dн.сл.)=11 мм, диаметре верхнего слива (dв.сл.)=3 мм. В процессе проведения экспериментов давление на входе в гидроциклон (Рвх) устанавливалось равным 0.105 Мпа, Vвх=7.27 м/с. Рис. 1 - Распределения статического давления и тангенциальной скорости в цилиндрическом гидроциклоне (при отводе 5.03 % жидкости от общего потока через верхний сливной патрубок) В цилиндрическом гидроциклоне статическое давление жидкости возрастает по радиусу плавно, и эта зависимость остается постоянной по высоте гидроциклона (рис. 1 а). На рис. 2 приведены зависимости распределения статического давления и тангенциальной скорости при отводе 10.4 % жидкости от общего расхода через верхний сливной патрубок при суммарном расходе через сливные патрубки (Qж)=0.66 л/с. Данное соотношение расходов устанавливалось при диаметре нижнего слива (dн.сл.)=11 мм, диаметре верхнего сливного патрубка (dв.сл.)=5 мм. Давление на входе в

гидроциклон ($P_{вх}$) устанавливалось равным 0.12 Мпа, статическое давление в сечении входного патрубка $P_{вх0}=0.05$ Мпа, скорость во входном патрубке гидроциклона $V_{вх}=7.48$ м/с. Статическое давление возрастает от оси к стенке гидроциклона, и его величина остается постоянной на одинаковых радиусах по всей высоте аппарата (рис. 2 а). На рис. 2 б приведено распределение тангенциальной скорости по радиусу и высоте аппарата. Закономерности, присущие для предыдущих условий сохраняются. Анализ опытных данных указывает, что профиль тангенциальной скорости потока в данном гидроциклоне можно рассматривать состоящим из трех областей: центральную, приосевую и пристенную. В приосевой зоне наблюдается увеличение значений тангенциальной скорости, причем для всех сечений эта зона практически одинакова. Однако, следует отметить, что увеличение значения тангенциальной скорости в приосевой зоне происходит и на большем удалении от входного патрубка, по сравнению с предыдущими исследованиями. В центральной зоне величина тангенциальной скорости остается постоянной по радиусу, следует отметить, что зона постоянной тангенциальной скорости увеличивается по мере удаления от верхнего сливного патрубка. В пристенной зоне наблюдается увеличение тангенциальной скорости, особенно в верхней части аппарата, где еще сказывается условия ввода эмульсии. Результаты экспериментального исследования показали, что в пространстве между сливным патрубком и корпусом аппарата происходит стабилизация тангенциальной скорости потока жидкости в некоторый постоянный профиль по высоте. Исследование полей скоростей и давлений показали, что в цилиндрическом гидроциклоне [8] профиль тангенциальной составляющей скорости движения ближе к квазипотенциальному вращению, а в цилиндрическом гидроциклоне с малым расходом через верхний слив, данный профиль к квазитвердому вращению. Принимая во внимание критерий устойчивости турбулентного потока, предложенный Релеем и связанный со стремлением частиц к сохранению своего импульса, можно сказать, что наличие поля напряженности с отрицательным градиентом (квазитвердое вращение в цилиндрическом гидроциклоне), способствует сохранению указанной величины и, следовательно, будет способствовать устойчивости течения в радиальном направлении, т.е. наличие поля напряженности с отрицательным градиентом обеспечивает сохранение или даже рост момента импульса, что, в конечном счете, ведет к сохранению устойчивости потока в радиальном направлении и подавлению турбулентности [9, 10]. Наличие же поля напряжений с положительным градиентом (квазипотенциальное вращение в цилиндрическом гидроциклоне) предопределяет возникновение отрицательного момента импульса, а последнее приводит к снижению устойчивости закрученного потока, т.е. к развитию турбулентности. Рис. 2 - Распределения статического давления и тангенциальной скорости в цилиндрическом гидроциклоне (при отводе 10.4 %

жидкости от общего потока через верхний сливной патрубок)