

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В ВЕРТИКАЛЬНОМ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕМ АППАРАТЕ**

**Жигалова О.А, Шерешкова Н.В.**

**научные руководители: канд. техн. наук Радзюк А. Ю.,**

**канд. физ.- мат. наук Истягина Е.Б.**

***Сибирский федеральный университет***

Процесс перемешивания в гидродинамическом отношении сводится к внешнему обтеканию твердых тел потоком набегающей жидкости. В общем случае лопасти мешалки при вращении выполняют работу, связанную с преодолением сопротивления сил инерции и сил трения перемешиваемой жидкости. Так, при пуске мешалки ее лопасти встречают особенно большое сопротивление со стороны жидкости, инерцию массы которой необходимо преодолеть. По мере приведения жидкости в движение работа мешалки все больше затрачивается на преодоление внутренних сопротивлений в жидкости (трения, вихревых движений, ударов жидкости о стенки и т. д.).

Устройство для перемешивания предназначены, как правило, для получения эмульсий, суспензий, однородных гомогенных смесей, растворения твердых частиц, а также интенсификации химических, тепловых и диффузионных процессов.

Эффективность перемешивания, характеризующая качество проведения того или иного процесса, зависит прежде всего от режима движения жидкости в аппарате и связана с особенностями введения в обрабатываемые среды энергии.

Турбулентное перемешивание маловязких жидкостей является самым распространенным в практике, хотя и более энергоемким по сравнению с ламинарным. Интенсивность перемешивания при турбулентном режиме движения жидкости в аппаратах существенно больше, нежели при ламинарном режиме.

Стремление к сокращению времени проведения технологических операций привело к необходимости увеличения скоростей обтекания активных элементов перемешивающих устройств (турбулизаторов, роторов и мешалок). Было обнаружено, что для целого ряда технологических процессов существуют критические значения скоростей движения активных элементов, при достижении которых резко увеличивалась интенсивность перемешивания.

Несмотря на широкую распространенность процессов перемешивания в технике, технологиях и быту, к настоящему времени еще не до конца разработаны корректные аналитические методы расчета аппаратов и отдельных их элементов. Для решения практических задач широко применяются экспериментальные методы, основанные на проведении необходимых измерений в лабораторных условиях на моделях.

Исследование гидродинамических режимов, основанное на определении количества удаленного воздуха, проводилось на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1. Основным элементом установки является вертикальный цилиндрический гладкостенный перемешивающий аппарат объемом 1 литр с установленной в качестве мешалки клиновидной крыльчаткой с углом клина 30°. Мощность, подводимая к мешалке, определялась посредством измерения силы тока. Уровень кислорода фиксировался анализатором «Марк - 2». Механическое воздействие на каждую пробу составляло 60 секунд. Объектом воздействия была взята водопроводная, отстаиванная в течение двух суток вода.

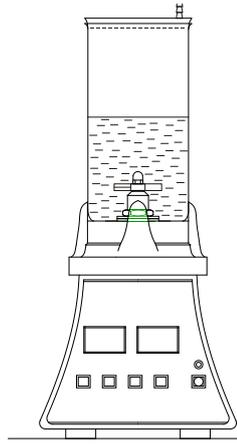


Рис. 1. Схема лабораторной установки

При движении вихревого потока жидкости, вызванного вращением мешалки, происходит изменение кислородосодержания. Обобщенные результаты эксперимента приведены на рис. 2, на котором изображена зависимость интенсивности перемешивания от механической мощности,  $N$ . В качестве интенсивности перемешивания в своей работе мы использовали кислородосодержание в воде,  $C$ . Поскольку жидкость способна растворять соприкасающиеся с ней газы, то концентрация растворенных газов, в частности кислорода, не является фиксированной для данного объема. Концентрация растворенного газа может изменяться как следствие относительного перемешивания отдельных объемов жидкостей относительно друг друга, так и за счет диффузионных процессов, которые представляются как результат молекулярно переноса вещества из одного микрообъема жидкости в другой.

На полученной кривой можно выделить несколько характерных областей поведения изменения указанной величины.

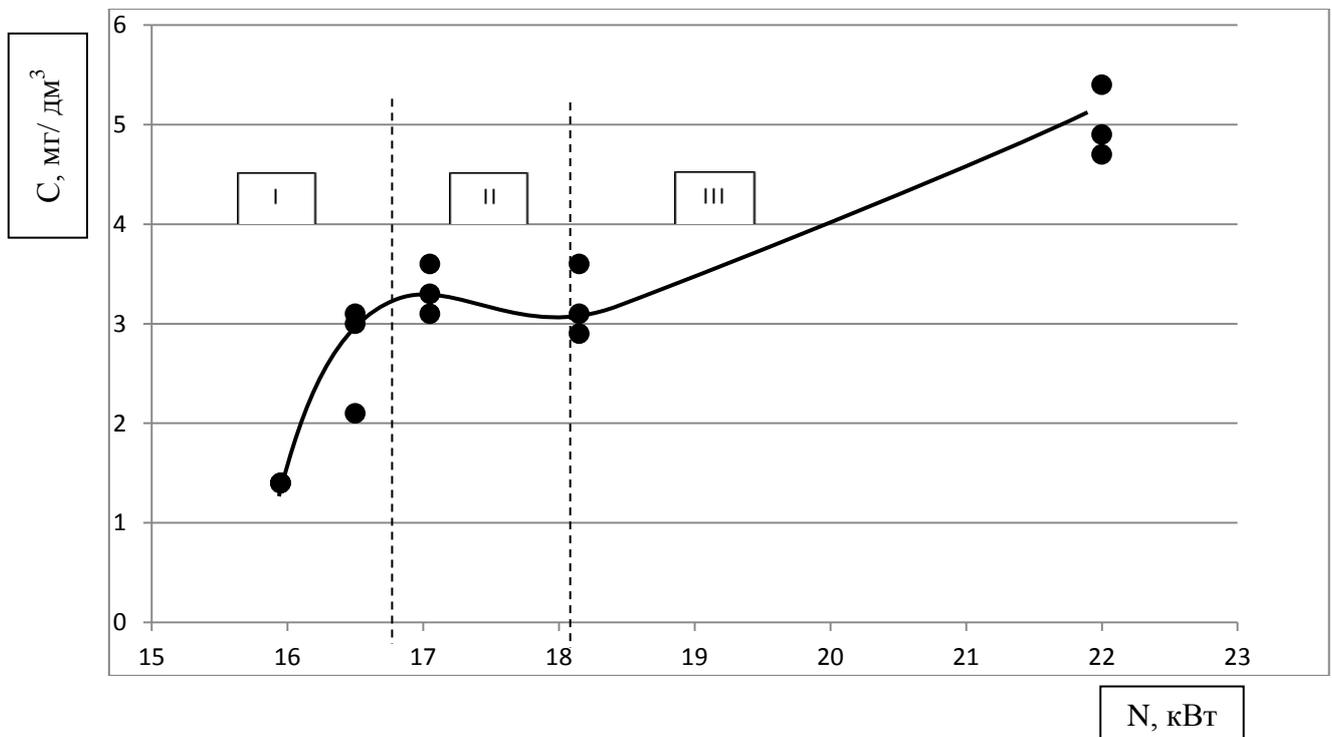


Рис. 2. Зависимость изменения кислородосодержания от подводимой мощности.

Область I характеризуется сложным пространственно-вихревым характером движения, осложненным турбулентным пульсациями. Через поверхность образующейся воронки воздух начинает интенсивно поступать в перемешиваемую среду.

Картина образования воздушных полостей в перемешивающем устройстве по виду идентична кавитации, однако причиной разрыва жидкости следует считать сообщение зон разрежения в центре вихрей и за вращающейся крыльчаткой с атмосферой.

Начало области II определено по снижению уровня интенсивности изменения кислорода и может быть объяснено снижением общей плотности ввиду наличия в обрабатываемой смеси наряду с пузырьками, привлеченными с поверхности жидкости, пузырьков, образующихся в результате кавитации. В этой области режим изменяется с начальной стадии кавитации до развитой кавитации.

Область III характеризуется увеличением кислородосодержания, что может свидетельствовать о режиме суперкавитации.

Полученные результаты могут быть использованы для определения гидродинамических режимов в установках подобного рода с целью их технологического совершенствования.

#### Литература

1. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред. Л.: Машиностроение, 1979. – 271 с.
2. Лунин М.В. Метод и средство контроля объёмного расхода газа в процессах с малым газовыделением. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Орел, 2010. – 16 с.
3. Радзюк А.Ю., Кулагин В.А., Криволицкий А.С. Экспериментальный стенд для получения высокодисперсных эмульсий (суспензий). Вестник Ассоциации выпускников КГТУ. Вып. 4. Красноярск: КГТУ, 2000. С. 77-79.
4. Рождественский В.В. Кавитация. Л.: Судостроение, 1977. – 247 с.