

# МЕТОДОЛОГИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЁТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЁМКОСТНЫХ АППАРАТОВ



**Автор: Александр  
Вольдемарович Смыслов ,  
Коммерческий директор  
ООО «Химмаш-Аппарат»**

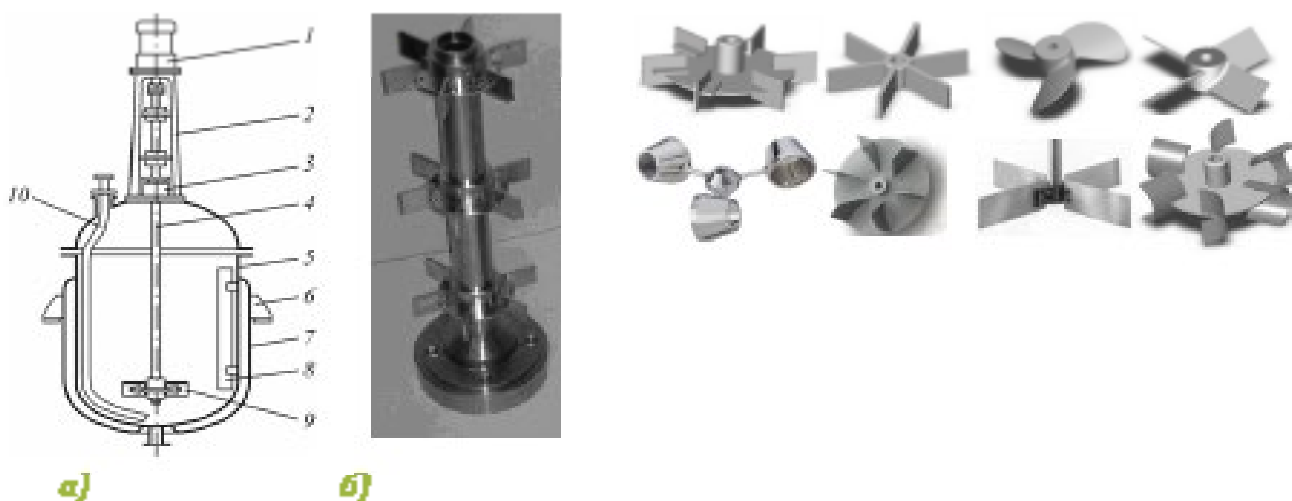
**П**роизводственно-инжиниринговая компания ООО «Химмаш-Аппарат» осуществляет расчёт, изготовление и поставку аппаратов с перемешивающими устройствами различной сложности для химической, нефтехимической, пищевой, и других отраслей промышленности.

В химической промышленности в аппаратах с мешалками перемешивание жидких сред применяется для приготовления растворов, эмульсий, суспензий, а также для интенсификации химических, тепловых и диффузионных процессов. Наиболее важными характеристиками перемешивающих устройств являются интенсивность перемешивания и эффективность устройства. В каждом конкретном случае, эффективность должна соотноситься с целесообразной интенсивностью, т.е. расходом энергии и времени на проведение процесса.

Конфигурация лопастных мешалок отличается большим разнообразием; некоторые варианты их конструкций показаны на рисунке 1б). Каждая конкретная задача требует определённого строения мешалки в целом и лопастей в частности. Компетентность наших специалистов позволяет подобрать наиболее эффективное решение для Вашей задачи.

Отечественная методика расчёта перемешивающих устройств вертикальных ёмкостных аппаратов регламентируется нормативным документом РД 26-01-90-85. Данная методика является аналитико-эмпирической. В ней представлены формульные зависимости и номограммы для расчёта гидродинамической обстановки и теплообмена для типизированных конструкций. Погрешность рекомендуемых методов расчёта составляет 10-15%.

**Рис.1** Схема простой мешалки и различные варианты лопастей



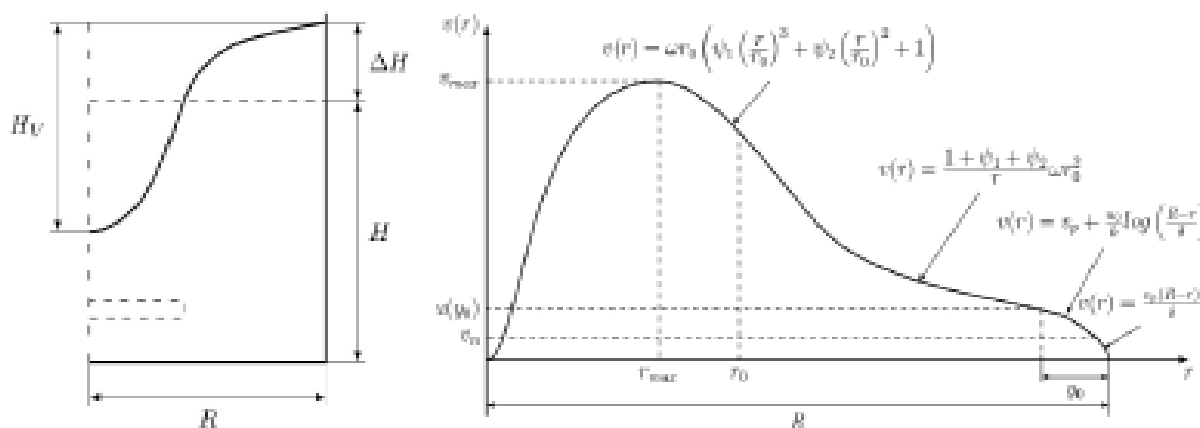
Одну из трудностей в расчёте таких аппаратов представляет определение коэффициента мощности мешалки  $KN$  как функцию числа Рейнольдса. Основным недостатком классической методики расчёта мощности является острая зависимость от эмпирических данных. Кроме того, даже для геометрически подобных аппаратов, при одних и тех же значениях критерия  $Re$ , разные исследователи получают и приводят разные значения критерия  $KN$ . Открытой проблемой остаётся получение надёжных оценок глубины перемешивания. Решение данной проблемы в научной литературе (и тем более в нормативной) отсутствует, потому что теория турбулентности – нерешённая до сих пор проблема теоретической физики. Основные показатели перемешивания могут быть выражены через величины, характеризующие масштаб турбулентного переноса в аппарате с мешалкой, такие как колмогоровские длина  $l_k$  и время  $t_k$ . В простейшем случае, среднюю диссипацию энергии турбулентности в единице массы можно качественно оценить по формуле:

$$\varepsilon = \frac{4Eu n^3 d^5}{D^2 H}$$

где  $n$  — частота вращения мешалки,  $d$  — ее диаметр,  $D$  и  $H$  — соответственно диаметр аппарата и высота заполнения его жидкостью,  $Eu$  — модифицированное число Эйлера, являющееся функцией модифицированного числа Рейнольдса. Поэтому актуальной и задачей является определение критерия  $Eu(Re)$ .

Специфическим явлением, возникающем при перемешивании в аппаратах с мешалками, является образование центральной воронки. В результате форма «условного канала» имеет сложную форму, представленную на рис.2.а. Распределение скорости по радиусу на горизонтальных уровнях, расположенных ниже нижней точки воронки, представлено на рис.2.б.

**Рис.2** Форма условного канала (2.а) и распределение скорости по радиусу (2.б.)



Как видно, оценка гидродинамики в аппаратах с мешалками не является тривиальной задачей, требует глубокого понимания физики процесса. Глубокое знание теории и большой наработанный опыт практических внедрений, позволяет специалистам ООО «Химмаш-Аппарат» успешно решать подобные задачи.

Многие проблемы снимаются при использовании такого современного инструмента как математическое (компьютерное) моделирование, активно применяемое за рубежом, начиная с конца шестидесятых годов прошлого столетия. Данный инструмент позволяет кроме детального определения гидродинамических полей, достаточно точно оценивать сам процесс перемешивания. Однако его использование требует наличие высокопроизводительных компьютеров и соответствующее программное обеспечение.

Поэтому современный уровень методологии расчёта гидродинамики аппаратов с мешалками предполагает использование нормативного документа РД 26-01-90-85 вместе с компьютерным моделированием. Это позволяет обеспечить глубокую проработку процессов перемешивания и улучшение качества изделия.

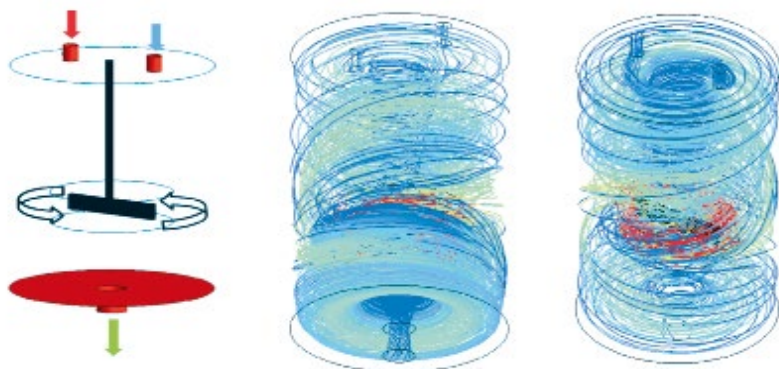


Рис.3 Схема мешалки и структура потоков

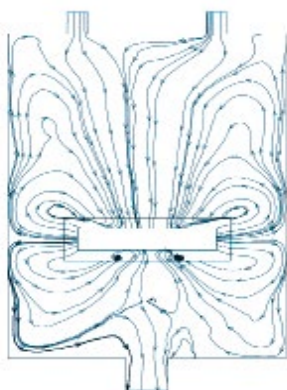


Рис.4 Гидродинамическая структура (турбулентная вязкость)

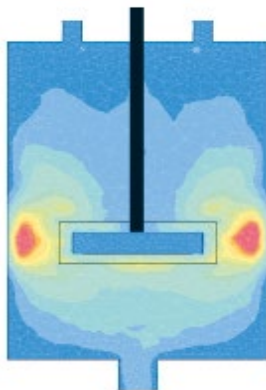


Рис.5 Поле турбулентного обмена

Рисунок 3-5 :

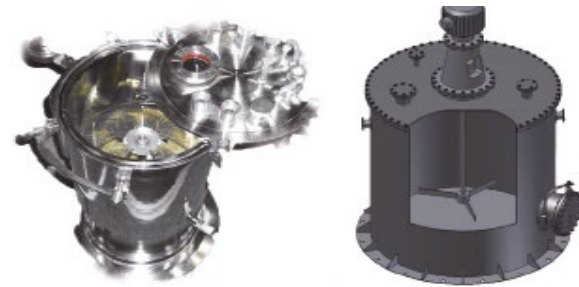
Для примера использования математического моделирования, на рисунках 3-5 представлен расчёт модельного аппарата с лопастной мешалкой. Для расчёта использовался пакет *OpenFoam*. Кроме получения точной гидродинамической структуры, из расчёта получаются все физические параметры течения (поля давления, скоростей, концентраций компонент смеси, параметры турбулентности, силы, действующие на лопасти и т.д.)

Компания «Химмаш-Аппарат» готова к сотрудничеству с проектными институтами, машиностроительными заводами, перерабатывающими и добывающими предприятиями, в реализации собственных разработок и технических решений в области проектирования и поставки высокоэффективных технических устройств.

Собственные проектный и конструкторский отделы позволяют предложить готовое решение под каждую конкретную задачу, а также разработать уникальное решение в случае нестандартных ситуаций.

Приобретая аппараты с перемешивающими устройствами, смесительные элементы у ООО «Химмаш-Аппарат», наши клиенты уверены, что получат высококачественное оборудование, разработанное под их конкретные задачи, по разумным ценам с выдерживанием минимальных сроков поставки!

Каждый проект реализуется индивидуально, с учётом требований и пожеланий Заказчика, оптимизации технико-экономических и эксплуатационных показателей поставляемых единиц оборудования и всего технологического процесса в целом.



*Заказать  
перемешивающие  
устройства, мешалки,  
смесители можно  
по телефонам компании  
ООО «Химмаш-Аппарат»*

*(495) 956-62-31,  
(495) 669-93-35  
или отправив  
письмо-запрос  
с техническими  
характеристиками  
на адрес  
[info@him-apparat.ru](mailto:info@him-apparat.ru).*

