

УДК 664

*Подоплелов Евгений Викторович,**к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Машины и аппараты химических производств»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: uch_sovet@angtu.ru**Дементьев Анатолий Иванович,**к.т.н., доцент, профессор кафедры «Машины и аппараты химических производств»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: anatdementev@mail.ru**Рахманина Светлана Владимировна,**мастер п/о, ГАПОУ ИО «Ангарский техникум общественного питания и торговли»
e-mail: rakhmanina.61@mail.ru**Новикова Анна Викторовна,**мастер п/о, ГБПОУ «Ангарский техникум рекламы и промышленных технологий»*

О КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ЕМКОСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Podoplelov E. V., Dementev A. I., Rahmanina S. V., Novikova A. V.

THE ABOUT DESIGN FEATURES OF CAPACITIVE EQUIPMENT FOR FOOD PRODUCTION

Аннотация. В работе приведено описание емкостного оборудования для производства пищевых продуктов. Отражены конструктивные особенности перемешивающих устройств емкостного оборудования.

Ключевые слова: емкостное оборудование, пищевые продукты, перемешивающие устройства.

Abstract. The paper describes the capacitive equipment for food production. The design features of mixing devices of capacitive equipment are reflected.

Keywords: storage equipment, food products, mixing devices.

Емкостное оборудование применяется во многих отраслях промышленности, в том числе в пищевой отрасли, например, при производстве кисломолочной продукции, соков, напитков и т.д. Емкостное оборудование бывает технологического и межоперационного назначения. Емкости технологического назначения применяются для осуществления в них биохимических, физико-технических тепловых и гидродинамических процессов. К емкостям межоперационного вспомогательного назначения относятся емкости накопительные и уравнивательные. Создание высокоэффективного емкостного оборудования невозможно без интенсификации гидродинамических и тепловых процессов с применением перемешивающих устройств. Эффективность гидродинамических и тепловых процессов в емкостном оборудовании в значительной степени обусловлена конструкцией перемешивающих устройств, обеспечивающих в емкостном оборудовании эффективное протекание гидродинамических и тепловых процессов. При этом нередко в процессе перемешивания обрабатываемого про-

дукта необходимо осуществлять щадящее воздействие рабочих органов на обрабатываемый продукт с целью максимально возможного сохранения его структуры.

Для перемешивания используются различные перемешивающие устройства (ПУ): гидродинамические, пневматические, механические и ультразвуковые. Функция ПУ диктуется спецификой проводимого в аппарате процесса. Так, например, при получении эмульсии мешалка, прежде всего, должна произвести тонкое диспергирование системы с последующим распределением дисперсной фазы по всему рабочему объему. Только малые размеры частиц, полученные в результате работы ПУ, могут обеспечить достаточную устойчивость эмульсии.

В аппаратах с рубашками предпочтение отдается мешалкам, организующим пристеночное перемешивание, т.е. якорным, рамным, ленточным. Перечисленные мешалки позволяют уменьшить или устранить сопротивление пристеночного ламинарного слоя, тем самым повысить коэффициент теплоотдачи от стенки корпуса к среде. Особен-

но это важно при теплопередаче в аппаратах с паровыми рубашками. В этом случае коэффициент теплоотдачи от конденсирующего пара к стенке во много раз может превышать величину коэффициента теплоотдачи от стенки к содержимому в аппарате. Перегрев стенки в данном случае неминуем, что может привести к необратимым процессам, например, налипанию продукта на стенке, что в дальнейшем усугубляется процессом образования пристеночного слоя, обладающего высоким сопротивлением теплопередаче от нагревательной рубашки. Повышение температуры пара ускоряет процесс отложений, следствием чего является преждевременная остановка оборудования.

Зачастую в аппаратах с рубашечным обогревом применяются лопастные мешалки, т.к. они очень просты в изготовлении, что упрощает их замену в случае поломки. Но использование таких мешалок не оправдано из-за того, что они не обеспечивают должного перемещения пристеночных слоев и к тому же из-за больших диаметров требуют высоких энергозатрат. Рекомендуемый диаметр лопастной мешалки $d_M = (0,7 \div 0,8)D$, где D – внутренний диаметр аппарата. Известно, что мощность, расходуемая мешалкой при турбулентном режиме $N \sim d_M^5$.

В аппаратах для растворения твердых веществ предпочтение отдается конструкциям мешалок, обеспечивающим интенсивную циркуляцию, которая способствует удалению равновесного слоя с поверхности растворяемой частицы, что повышает движущую силу процесса растворения. Также при проведении процессов растворения необходимо предотвратить оседание твердых частиц на дно аппарата, т.е. ПУ должно создавать осевой поток «снизу вверх». Хорошо справляется с обеими задачами пропеллерная мешалка в комплексе с диффузором, т.е. комплекс обеспечивает интенсивную циркуляцию среды с мощным осевым потоком. Часто для повышения скорости растворения предусматривается внутренний змеевик для нагрева растворителя (рис. 1 а). Однако встроенный змеевик является причиной резкого повышения мощности на перемешивание, в $(2 \div 2,5)$ раза [1, 2]. Снизить энергозатрат и упорядочить циркуляцию можно заменой трубчатого змеевика теплообменным стаканом, который, наряду с теплообменом, будет выполнять функцию диффузора (рис. 1

б). Требуемую эффективность теплообмена можно обеспечить подбором площади поперечного сечения спиралевидного канала.

Для получения газожидкостной системы (пены) мешалка должна прежде всего произвести интенсивное дробление газа в контактируемой жидкой среде. С этой задачей может справиться любая высокоскоростная вращающаяся мешалка, например, турбинная или пропеллерная. Но указанные ПУ создают в поперечном сечении аппарата полидисперсную среду, т.к. процесс дробления осуществляется в поле центробежных сил. Монодисперсная система может быть получена при работе виброперемешивающих устройств. С помощью виброперемешивания появляется возможность улучшить качество получающихся продуктов. Расход газа на проведение процесса уменьшается с увеличением газосодержания, которое, в свою очередь, повышается с уменьшением размеров газовых пузырей.

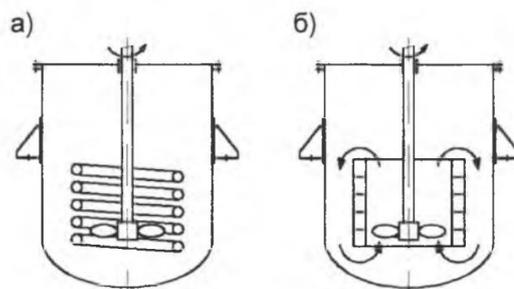


Рисунок 1 – Аппараты со встроенным змеевиком (а) и теплообменным стаканом (б)

Известно, что интенсивное перемешивание можно осуществить главным образом только механическими мешалками. Но эффективность их работы в большинстве случаев зависит от способа подачи смешиваемых компонентов. Чаще всего, в зависимости от агрегатного состояния, подача производится одним из следующих способов: газ в жидкость подается с помощью барботера-распределителя, порошок или гранулы – обычной засыпкой, жидкие потоки – наливом через верхние штуцера. Перемешивание газа с жидкостью имеет лучшие результаты при равномерном распределении газа в поперечном сечении аппарата, но здесь необходимо учесть, что диаметр газовых пузырей должен быть соизмерим с размерами подвижных элементов мешалки. При больших размерах газовых включений вероятность дробления их снижается, соответственно уменьшается газосодержание системы

и увеличивается расход газа для проведения процесса.

В аппаратах для перемешивания твердых веществ с жидкостью подавать порошковые или гранулированные материалы целесообразно с помощью питателей, чтобы предотвратить комкообразование, которое может привести не только к увеличению продолжительности процесса, но и к аварийной поломке элементов мешалки. К сожалению, в большинстве аппаратов загрузка порошков и гранул производится через люки быстрой засыпкой всей необходимой массы. Следствием такой загрузки является неполное растворение гранул, что сказывается на работоспособности насосного оборудования, откачивающего раствор из аппарата. Установка шнекового питателя с бункером способствовала бы не только получению однородного раствора, но и облегчила бы труд обслуживающего персонала, уменьшила бы воздействие на него пыли- и паровывбросов.

Ускорить процесс смешения одной жидкости с другой можно предварительным грубым перемешиванием [3]. Для этого в ос-

новной поток жидкости, проходящий через инжектор, подается необходимое количество требуемого жидкого компонента (рис. 2). Инжектор в данном случае будет работать не только как перемешивающее устройство, но и как струйный насос. Основной поток жидкости **A**, подаваемый насосом, имеет достаточную энергию для всаса жидкости **B**. Такая схема предварительного перемешивания экономичнее по сравнению с той, в которой вместо инжектора используется диафрагмовый смеситель, т.к. последняя требует дополнительного насоса для подачи компонента **B**. Количество подаваемого компонента **B** регулируется ротаметром. Таким образом, соотношение компонентов, поступающих в аппарат, регламентировано. Предлагаемая конструкция инжектора позволяет предотвратить попадание компонента **A** в систему подачи компонента **B**. В данном случае при обтекании трубки, вставленной в русло основного потока **A**, образуется полость, благодаря которой осуществляется всас компонента **B**.

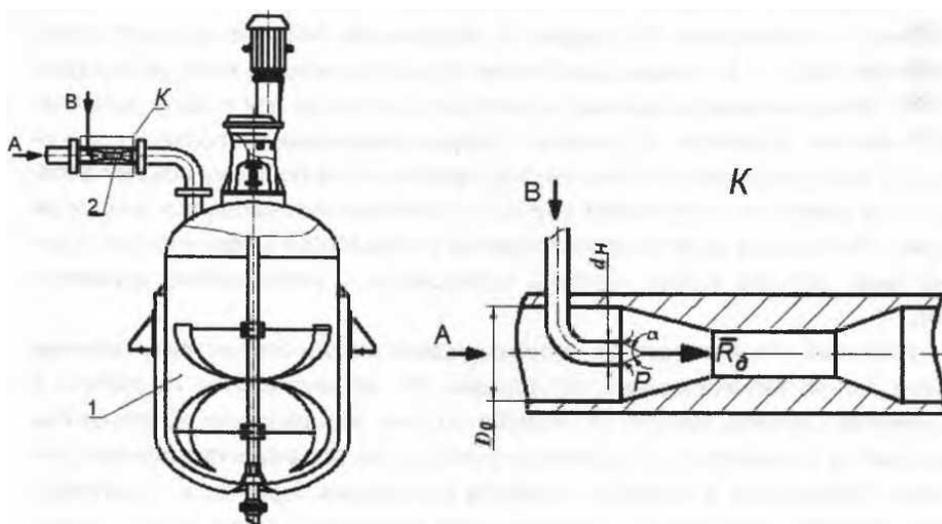


Рисунок 2 – Аппарат для перемешивания двух жидких компонентов (1) с инжектором (2)

Полость будет иметь место при условии:

$$P_p \leq R_o \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right),$$

где: P_p – сила, обусловленная внутренним давлением p в трубопроводе для подачи компонента **A**, $P_p = p \cdot F_K$, здесь F_K – площадь границы раздела потоков, в данном случае при обтекании цилиндра в осевом на-

правлении поверхность имеет форму конуса с углом при вершине $\alpha \leq 90^\circ$; R_o – динамическая сила, характеризующая энергию потока **A**, определяется следующим соотношением:

$$R_o = \xi \rho_A F_{ж.с.} \frac{w^2}{2},$$

где: ξ – коэффициент местного сопротивления, ρ_A – плотность компонента А, w – скорость потока А.

Площадь живого сечения потока при обтекании трубки для подачи компонента В определяется так:

$$F_{ж.с.} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_H^2).$$

Чаще всего целесообразно D_0 принимать равным внутреннему диаметру трубопровода для подачи компонента А и определять d_H .

Для проведения биохимических процессов может быть использован емкостной аппарат с пружинной мешалкой (рис. 3).

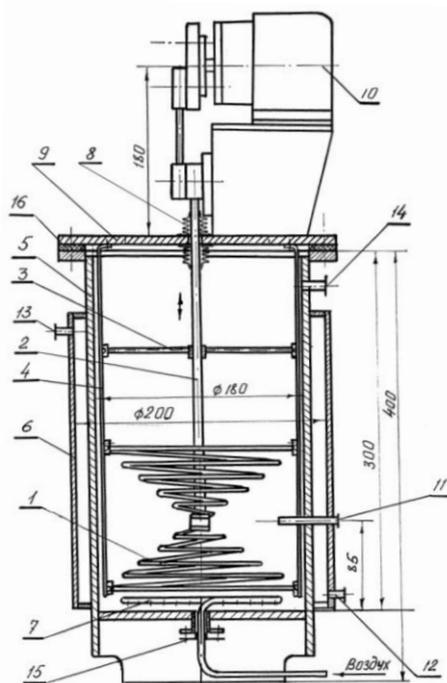


Рисунок 3 – Емкостной аппарат с пружинной мешалкой: 1 – мешалка; 2 – шток; 3 – пеногаситель; 4 – рамка для фиксации пружин; 5 – корпус аппарата; 6 – рубашка теплообменная; 7 – барботер; 8 – двойное сильфонное уплотнение; 9 – крышка; 10 – привод; 11 – штуцер для отбора проб; 12 и 13 – штуцера для ввода и вывода воды; 14 – технологический штуцер; 15 и 16 – уплотнение барботера и аппарата.

Используемая мешалка [4] позволяет перемешивать среду равномерно по всему поперечному сечению рабочего объема. При этом перемешивание осуществляется благодаря инжекционно-эжекционному эффекту при проходе жидкости через изменяющийся зазор между витками. Противофазное перемещение зафиксированных в поджатом состоянии пружин позволяет аккумулировать энергию в процессе возврата – поступательного движения штока, что значительно снижает энергозатраты привода.

В аппаратах с вращающимися мешалками используют сальниковые и торцовые уплотнения [4-6]. Сальниковые уплотнения могут обеспечить надежную герметизацию в том случае, если набивка будет плотно прилегать к уплотняемой поверхности вала с давлением, равным или превышающим давление в аппарате. Такое условие может быть выполнено регулярной подтяжкой сальника, что создает большие неудобства обслуживания таких аппаратов. Торцовые уплотнения по сравнению с сальниковыми обеспечивают более надежную герметизацию рабочего объема, не требуя дополнительных трудозатрат по обслуживанию.

В действующих аппаратах на перемешивающие устройства возлагаются порой сложные задачи, поэтому для окончательного выбора конструкции необходим качественный анализ функций мешалки во всех стадиях технологического процесса.

Конструкции емкостного оборудования, применяемого в пищевой отрасли, могут включать в себя перемешивающие устройства, внутренние или наружные теплообменные устройства и т.д. Выбор той или иной конструкции зависит от специфики проводимого в аппарате процесса. Кроме того, особое внимание при проектировании емкостного оборудования для пищевой отрасли следует уделять конструкционным материалам. Существуют особые правила для материалов емкостного оборудования, которое имеет контакт с продуктами питания. В частности, конструкционный материал не должен окисляться и подвергаться коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильцов, Э.А. Аппараты для перемешивания жидких сред / Э.А. Васильцов, В.Г. Ушаков. – Л.: Машиностроение, 1989. – 272 с.

2. Салькова, А.Г. К вопросу расчета инжекторных устройств / А.Г. Салькова // Сборник научных трудов «Гидродинамика и явления переноса в двухфазных дисперсных