



Александр Степанович Марценюк

Интенсификация массообмена в аппаратах с регулярными насадками

Капельно-пленочное течение жидкости

Impressum/Imprint (nur für Deutschland/only for Germany)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Coverbild: www.ingimage.com

Verlag: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland
Telefon +49 681 3720-310, Telefax +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

ДА: Киев, Национальный университет пищевых технологий, 2006

Herstellung in Deutschland:
Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin
Books on Demand GmbH, Norderstedt
Reha GmbH, Saarbrücken
Amazon Distribution GmbH, Leipzig
ISBN: 978-3-659-16393-7

Только для России и стран СНГ

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany
Телефон +49 681 3720-310, Факс +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Напечатано в России
ISBN: 978-3-659-16393-7

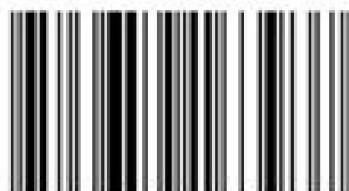
АВТОРСКОЕ ПРАВО ©2012 принадлежат автору и LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG и лицензиарам
Все права защищены. Saarbrücken 2012

В работе изложены результаты научных исследований гидродинамических и массообменных характеристик впервые предложенных и разработанных автором регулярных листовых пакетных насадок, в листах которых выполнены прямоугольные отверстия с зубчатыми верхними краями. Во время гравитационного стекания пленки жидкости на свисающих зубцах периодически образуются капли. Повторяющиеся преобразования пленок в капли и опять в пленки можно рассматривать как «концевые эффекты», интенсифицирующие массообмен. Формирование капельно-пленочного течения обеспечивается конструктивным способом - применением зубчатых отверстий - и не требует дополнительных затрат энергии. Поэтому гидравлическое сопротивление насадок возрастает незначительно и его возрастание связано с интенсификацией массообмена. Установлены не описанные ранее режимы капельно-пленочного течения в условиях различной интенсивности взаимодействия фаз. Теоретическим рассмотрением баланса капиллярных и гравитационных сил установлены подтвержденные экспериментально соотношения для расчета оптимальных размеров конструктивных элементов зубчатых отверстий. Рассмотрены вопросы рационального конструирования насадок.



Александр Степанович Марценюк

Марценюк А.С.- докт. техн. наук, профессор Национального университета пищевых технологий, Киев. Автор более 80 работ и в соавторстве со В.Н.Стабниковым монографии. Соавтор двух учебников по процессам и аппаратам, трех пособий по курсовому проектированию, трех лабораторных практикумов и задачника. Интересы-процессы массообмена в пищевой промышленности



978-3-659-16393-7

Введение.....	3
1. Общая характеристика регулярных насадок	7
2. Некоторые особенности работы пленочных аппаратов	23
3. Экспериментальная установка	43
4. Гидродинамика капельно-пленочного течения	57
4.1. Образование капель из струй и пленок	57
4.2. Образование капель при вытекании жидкости из пипеток	63
4.3. Капельно-пленочное течение по насадке с зубчатыми отверстиями	76
4.4. Течение жидкости по насадке с зубчатыми отверстиями и гофрами.....	87
4.5. Течение жидкости по насадке с зубчатыми просечками	93
4.6. Гидравлические сопротивления насадок.....	100
5. Массообмен.....	111
5.1. Характеристики насадок при массообмене в жидкой фазе.....	111
5.2. Массообмен в газовой фазе	126
5.3. Анализ результатов исследования массообмена	137
5.4. Пример расчета.....	145
5.5. Совместное влияние гидродинамических, тепловых и диффузионных явлений на массоперенос в каплях	154
6. Конструирование регулярных насадок с зубчатыми отверстиями.....	167
6.1. Капиллярные соотношения для элементов контактных устройств массообменных аппаратов.....	168
6.2. Насадки с высеченными зубчатыми отверстиями	182
6.3. Насадки с зубчатыми просечками	187
6.4. Комбинированные насадки	203
6.5. Насадки с конструктивными элементами для	

распределения жидкости.....	207
Заключение.....	218
Литература.....	220

Введение

Совершенствование технологических процессов и аппаратов для их проведения было и остается важной задачей химической, пищевой и ряда других отраслей промышленности. Особое место для проведения процессов тепло- и массообмена в газожидкостных средах занимают противоточные аппараты с регулярными насадками, в которых в результате контактирования газовой и жидкой фаз обеспечивается целенаправленный переход компонентов и теплоты из одной фазы в другую. К таким аппаратам относятся абсорбционные и перегонные колонны, скрубберы для очистки газов, градирни, конденсаторы смешения. Основным рабочим элементом, обеспечивающим высокие технологические характеристики и экономическую эффективность массообменных аппаратов, есть специальные

фасонные элементы – насадки, предназначенные для создания условий более тесного контактирования взаимодействующих продуктов.

В противоточных насадочных аппаратах (колоннах) жидкость подается сверху через распределительное устройство и равномерными потоками стекает по поверхности насадочных элементов. Газ прокачивается снизу, равномерно распределяется в каналах, образованных насадочными элементами, по которым стекает орошающая жидкость, и, поднимаясь вверх, контактирует со стекающей жидкостью. Насадка должна обеспечивать тесное контактирование потоков и при этом обладать низким гидравлическим сопротивлением.

Различают нерегулярные (насыпные) насадки, состоящие из одинаковых фасонных элементов, загружаемые в аппараты навалом (с беспорядочным размещением одинаковых элементов), и регулярные, размещаемые в аппаратах в строго определенном порядке. С целью более удобного обращения регулярные листовые насадки скрепляют в пакеты.

При заполнении рабочего объема аппарата насыпными насадками часть насадочных элементов размещается поперек движения потоков и перекрывает каналы для прохода газа и жидкости, что приводит к снижению пропускной способности и необоснованному росту гидравлического сопротивления. В более упорядоченных каналах регулярных насадок потери напора газового потока на его необоснованные сужения и расширения сведены к минимуму.

В нерегулярных насадках, в отличие от регулярных насадок, потоки, как правило, турбулизируются интенсивнее, вследствие чего обеспечивается повышенная интенсивность теплообмена, но на это затрачивается неоправданно завышенное количество энергии газовой фазы. Гидравлические потери в орошаемых каналах регулярных насадок расходуются преимущественно по целевому назначению, т.е. на контактирование потоков, связанное с осуществлением процесса теплообмена.

Главными преимуществами аппаратов с регулярными насадками, по отношению к аппаратам с другими типами контактных устройств, есть их низкое гидравлическое сопротивление, повышенная (в 3...4 раза) пропускная способность по жидкости и газу и высокая производительность единицы объема аппарата по количеству переносимого между фазами компонента.

Низкое гидравлическое сопротивление позволяет не только снизить энергетические расходы на подачу газовой фазы, но и проводить процессы под разрежением и, соответственно, при пониженной температуре, что дает возможность уменьшить или даже исключить термическое разложение ценных компонентов пищевых продуктов и полупродуктов химических производств и получить продукцию высокого качества с минимальными потерями сырья. Положительное влияние на сохранение в процессе обработки термически нестойких веществ оказывают небольшая продолжительность пребывания продукта в аппарате и отсутствие застойных зон.

Проведение процессов ректификации под разрежением сопровождается изменением условий фазового равновесия и, в некоторых случаях, увеличением относительной летучести разделяемых компонентов, что способствует повышению эффективности разделения. Кроме того, появляется возможность повторно использовать энергетический потенциал греющего пара.

Аппараты с регулярными насадками имеют большие свободные сечения каналов для прохода газа и жидкости, которые мало сужаются при увеличении расходов жидкости, поэтому эффективно работают как при разрежении, так и при высоких давлениях. Повышенная пропускная способность по жидкости и газу позволяет перерабатывать большие потоки продуктов в аппаратах уменьшенного размера.

Сочетание преимуществ низкого гидравлического сопротивления и высокой пропускной способности наиболее полно проявляется через снижение затрат на переработку больших количеств газовых выбросов, что

важно в условиях возрастания стоимости истощающихся запасов энергетических ресурсов.

Необходимым условием хорошей работы пленочных аппаратов есть равномерное распределение орошающей жидкости на поверхности листов насадки.

Несмотря на отмеченные преимущества, аппараты с регулярными насадками не получили должного распространения в промышленности в основном вследствие повышенной сложности обеспечения условий равномерного распределения жидкости и довольно высоких значений высоты единицы переноса.

Поэтому задача создания более эффективных теплообменных аппаратов сводится к созданию контактных устройств с оптимальной конфигурацией, которые обеспечивали бы интенсивное контактирование фаз при равномерном распределении жидкости и наименьшем гидравлическом сопротивлении, сохраняя при этом высокую пропускную способность.

Решать эту задачу, вероятно, проще всего, путем усовершенствования формы регулярных насадок, характеризующихся низким гидравлическим сопротивлением и высокой пропускной способностью по обеим фазам. Для этого регулярные насадки нужно дополнить конструктивными элементами, турбулизирующими и равномерно распределяющими потоки при минимальном возрастании гидравлического сопротивления.