

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047055**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.05.29**

(21) Номер заявки  
**202391051**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.10.06**

(51) Int. Cl. **C08F 8/50** (2006.01)  
**C08K 5/14** (2006.01)  
**C08J 3/205** (2006.01)  
**C08K 5/00** (2006.01)  
**C08L 23/00** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ПОДАЧИ ЖИДКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ПЕРОКСИДА В  
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНОГО РАСПЛАВА**

---

(31) **20200266.3**

(32) **2020.10.06**

(33) **EP**

(43) **2023.06.08**

(86) **PCT/EP2021/077609**

(87) **WO 2022/074070 2022.04.14**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ЛЮММУС НОВОЛЕН  
ТЕКНОЛОДЖИ ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:  
**Шварцер Себастиан (DE)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

(56) US-A-6060584  
WO-A1-9837107  
US-A-5405917  
WO-A1-9936466  
EP-A1-3056531  
US-A-3144436  
WO-A1-2016059342

---

(57) Настоящее изобретение относится к способу и системе подачи жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава. Способ подачи включает транспортировку по меньшей мере одного жидкого органического пероксида (13) в нерастворенной смеси с инертным жидким охлаждающим носителем (4) из секции с контролируемой температурой (3) в оборудование для обработки полимерного расплава.

**047055**

**B1**

**047055**  
**B1**

### Область техники

Настоящее изобретение относится к способу подачи по меньшей мере одного жидкого органического пероксида для обработки полимерного расплава. Настоящее изобретение также относится к соответствующей системе.

### Уровень техники

Известно применение органических пероксидов, обычно жидких органических пероксидов, для реологической модификации полиолефинов, включая их "висбрекинг" и сшивку. Сшивание обычно применяют, например, для полиэтилена.

Известный способ висбрекинга полиолефинов представляет собой экструзию, осуществляемую при температуре приблизительно 190-260°C в присутствии органического пероксидного соединения. Пример данного способа описан в документе AU 5141785 A.

Однако из-за своей органической природы чистые органические пероксиды являются очень нестабильными, летучими и опасными веществами с высоким риском воспламенения или взрыва в случае неконтролируемого повышения температуры и поэтому требуют особых мер предосторожности при обращении. Такое поведение может быть несовместимо с правилами транспортировки и хранения и/или требовать особых усилий для безопасного обращения и хранения, что делает применение чистых органических пероксидов очень дорогим и технически сложным. Кроме того, применение чистых органических пероксидов в способах расплава полимеров, таких как, например, способы экструзии, которые выполняются при высоких температурах, еще более опасно.

Соответственно, безопасность обращения с жидкими органическими пероксидами и их транспортировка являются серьезной проблемой, и применение чистых жидких органических пероксидов, а также, по меньшей мере, в некоторой степени, применение некоторых разбавленных жидких органических пероксидов в способах расплава полимеров может стать проблематичным.

В попытке решить проблемы, связанные с хранением и транспортировкой, жидкие органические пероксиды разбавляют минеральным маслом. Разбавляя органический пероксид, можно получить менее ограниченные классы безопасности для пероксидных продуктов. Кроме того, диспергированию органического пероксида в полимере, например полиолефине, может способствовать растворение органического пероксида в минеральном масле. Однако минеральное масло вызывает несколько нежелательных побочных эффектов, влияющих на свойства полимера. Например, доступные в настоящее время органические пероксиды, разбавленные минеральным маслом, не представляют проблем с безопасностью, обеспечивая большую емкость хранения по сравнению с теми, которые можно получить с чистыми органическими пероксидами, но введение растворителя в полимер может нарушить превращение полимера в конечные полимерные продукты и может привести к дополнительному разложению побочных продуктов при перекисной реакции в экструдере. Эти разложение и побочные продукты могут вызывать образование высоколетучих органических соединений (ЛОС) и нежелательных запахов полимера и конечного полимерного продукта.

Способ модификации реологии полимера описан в US 2018/0030163 A1. Данный способ включает экструзию расплавленного полимера и композиции, содержащей по меньшей мере один органический пероксид и воду, в форме эмульсии, и удаление летучих соединений из расплавленного полимера. Летучие соединения включают летучие органические соединения и воду. Однако в US 2018/0030163 A1 не учитывают способ обработки органического пероксида перед экструдером и, в частности, способ транспортировки органического пероксида из хранилища органического пероксида в экструдер.

С более общей ссылкой на транспортировку жидких органических пероксидов из первого места (например, места хранения органического пероксида) во второе место (например, место, где применяют органический пероксид), общеизвестно, что данные жидкости транспортируются с помощью труб, снабженных средствами контроля температуры. Например, труба может быть размещена на всем протяжении внутри кожуха с регулируемой температурой. Данный кожух должен быть спроектирован так, чтобы поддерживать требуемую контролируемую температуру трубы от первого места до второго места, что требует дополнительного оборудования и связанных с этим затрат. В дополнение к размещению всей трубы в кожухе с регулируемой температурой, еще одним примером, известным в области техники транспортировки органических пероксидов, является применение труб с оболочкой. Еще одним примером является оснащение труб средствами внешнего обогрева. Независимо от типа известных средств регулирования температуры, в любом случае данные средства являются непригодными для покрытия больших расстояний, характерных для промышленных площадок, применяющих жидкие органические пероксиды в качестве исходных материалов или добавок в производственном способе.

Во всех данных примерах техники должно быть предусмотрено специальное оборудование, чтобы труба, применяемая для транспортировки жидких органических пероксидов, поддерживалась в пределах температур, необходимых для безопасной транспортировки данных жидкостей.

Таким образом, все еще существует потребность в разработке способа и системы для безопасной транспортировки жидких органических пероксидов на промышленных площадках, включая случаи, когда органический пероксид предназначен для применения в способе или оборудовании для расплава полимера, без воздействия или изменения конечных свойств полимера, подвергнутого обработке в расплаве.

### Сущность настоящего изобретения

Заявитель неожиданно обнаружил, что путем транспортировки жидкого органического пероксида в нерастворенной смеси (т.е. в виде суспензии) с инертным охлаждающим носителем, который является водной жидкостью при температуре окружающей среды и летучим в условиях обработки в расплаве, можно безопасно доставить органический пероксид из любого места, например, его временного или длительного хранения, в оборудование для обработки расплава полимера без применения специально разработанного оборудования или устройства для контроля температуры жидкого органического пероксида, но просто посредством любой обычной трубы, трубки или полого корпуса, пригодных для транспортировки жидкостей.

Это изобретение также позволяет ограничить применение средств контроля температуры (таких как кожухи, контейнеры и устройства, предназначенные для данной цели) только хранением органического пероксида, например, в специальном контейнере с регулируемой температурой, тем самым снижая потребление энергии.

Кроме того, транспортировка жидкого органического пероксида в нерастворенной смеси с инертным охлаждающим носителем, как определено выше, приводит к безопасной транспортировке жидкого органического пероксида независимо от расстояния, которое необходимо преодолеть, чтобы добраться до оборудования для обработки расплава полимера, например, расстояния, связанного с промышленной установкой по обработке полимерных расплавов. Как следствие, данный транспорт является простым и подходит для любого размера установки и требует ограниченных инвестиций.

Заявитель обнаружил, что такие же технические эффекты могут быть достигнуты и тогда, когда множество жидких органических пероксидов транспортируют к оборудованию для обработки расплава полимера.

Согласно его первому аспекту, настоящее изобретение относится к способу подачи жидкого органического пероксида к оборудованию для обработки полимерного расплава, причем способ включает смешение по меньшей мере одного жидкого органического пероксида и инертного охлаждающего носителя в секции смешивания, расположенной в секции с регулируемой температурой, при этом смешивание осуществляют без растворения по меньшей мере одного жидкого органического пероксида в инертном охлаждающем носителе. Способ дополнительно включает транспортировку по меньшей мере одного жидкого органического пероксида в нерастворенной смеси с инертным охлаждающим носителем из секции с регулируемой температурой в оборудование для обработки полимерного расплава, расположенное за пределами секции с регулируемой температурой. Инертный охлаждающий носитель содержит водную жидкость при температуре окружающей среды и является летучим в условиях обработки расплава. Например, секция с контролируемой температурой может включать в себя любой тип резервуара жидкого органического пероксида (пероксидов), например, временное или долгосрочное хранилище жидкого органического пероксида (пероксидов).

Инертный охлаждающий носитель может быть любым водным носителем, который является инертным по отношению по меньшей мере к одному органическому пероксиду, который является жидким при температуре окружающей среды и давлении и который способен поддерживать температуру по меньшей мере одного органического пероксида в температурных пределах, необходимых для безопасной транспортировки пероксида, таких как, например, от 5°C до 40°C, в зависимости от жидкого органического пероксида. Например, инертный охлаждающий носитель может быть водной жидкостью, не смешивающейся с жидким органическим пероксидом или со всеми жидкими органическими пероксидами, когда применяют комбинацию жидких органических пероксидов. Согласно настоящему изобретению, инертный охлаждающий носитель не действует как растворитель, т.е., инертный охлаждающий носитель не растворяет по меньшей мере один жидкий органический пероксид, но удерживает по меньшей мере один жидкий органический пероксид в суспензии. В соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления по меньшей мере один органический пероксид и инертный охлаждающий носитель можно транспортировать в оборудование для обработки полимерного расплава в виде нестабильной смеси.

Данный способ, как определено в первом аспекте настоящего изобретения, является эффективным для безопасной транспортировки любого жидкого органического пероксида и подходит для интеграции любого резервуара или хранилища с регулируемой температурой и любого оборудования для обработки полимерного расплава в единую упрощенную установку, не требуя специально разработанных кожухов, устройств или трубопроводов для безопасной подачи жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава. Данная интеграция может быть успешно осуществлена с уменьшением энергопотребления по сравнению со способами предшествующего уровня техники, также в случае высокопроизводительного оборудования или установки для обработки полимерного расплава, такой как, например, высокопроизводительная экструзионная установка.

Согласно одному или более вариантам осуществления, способ включает транспортировку одного или более жидких органических пероксидов в нерастворенной смеси с инертным охлаждающим носителем.

Жидкий органический пероксид может представлять собой любой органический пероксид в жидкой форме.

Согласно одному или более вариантам осуществления, по меньшей мере один жидкий органиче-

ский пероксид может включать по меньшей мере один диалкилпероксид, такой как например 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексан, 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексан-3, ди(трет-бутилпероксиизопропил)бензол, дикумилпероксид, 3,6,9-триэтил-3,6,9-триметил-1,4,7-трипероксонан, 3,3,5,7,7-пентаметил-1,2,4-триоксепан и их комбинации.

Согласно одному или более вариантам осуществления, инертный охлаждающий носитель является летучим при пониженном атмосферном давлении, например, при давлении от 1000 мбар (абс.) до 800 мбар (абс.), и, например, между 800 мбар (абс.) и 600 мбар (абс.), при температуре от 5°C до 80°C.

Согласно настоящему изобретению, инертный охлаждающий носитель включает водный охлаждающий носитель. Например, охлаждающий носитель может быть водой. Вода может быть дистиллированной или деионизированной (например, деминерализованной) водой, например, содержащей менее 2%, менее 1%, менее 0,5%, менее 0,1% или не содержащей растворенных соединений, таких как соли. При дистилляции воды вода может содержать не только это или более низкое содержание солей, но и менее 2%, менее 1%, менее 0,5%, менее 0,1% или не содержать органических соединений.

Применяя воду в качестве носителя, можно привести полимер в контакт с транспортируемой нерастворенной смесью жидкого органического пероксида(ов) и водного носителя в условиях обработки расплава, а затем легко удалить водный носитель.

Кроме того, любые летучие соединения также можно удалить из расплавленного полимера. Всякий раз, когда это желательно, модификацию реологии полимера также можно осуществить в оборудовании для обработки расплава. Удаление любых летучих соединений может снизить концентрацию продуктов разложения и побочных продуктов в полимере, что приводит к меньшему количеству летучих органических соединений, снижению концентрации запаха в полимере и уменьшению образования цвета. Кроме того, водный охлаждающий носитель или вода в качестве носителя могут дезактивировать любые активные центры катализатора, оставшиеся в полимере. Таким образом, дезактивацию полимера можно осуществлять в оборудовании для обработки расплава без необходимости в специальном устройстве для дезактивации. Кроме того, при обеспечении достаточного перемешивания в оборудовании для обработки расплава дезактивация может быть однородной и может осуществляться эффективным способом.

Согласно одному или более вариантам осуществления, способ включает подачу водного охлаждающего носителя или воды, смешанного по меньшей мере с одним жидким органическим пероксидом при предварительно определенной температуре. Например, воду можно подавать при температуре от 5°C до 40°C.

Согласно одному или более вариантам осуществления, оборудование для обработки расплава включает экструдер или книдер. Оборудование для обработки расплава может включать, например, одношнековый или двухшнековый экструдер, по отдельности или в комбинации. Независимо от типа экструдера, согласно одному или более вариантам осуществления, способ может включать подачу смеси жидкого органического пероксида(ов) и воды в загрузочную воронку экструдера. В качестве альтернативы, смесь пероксида и охлаждающего носителя можно вводить в блок обработки оборудования для обработки пластмасс непосредственно после загрузочного бункера технологического оборудования, т.е. в месте, где можно оценить, что полимер, подаваемый через загрузочную воронку, все еще находится в твердом состоянии.

Согласно одному или более вариантам осуществления, способ дополнительно включает хранение по меньшей мере одного жидкого органического пероксида в секции с регулируемой температурой. Таким образом, способ позволяет подавать по меньшей мере один жидкий органический пероксид непосредственно из места, где хранится по меньшей мере один жидкий органический пероксид.

Согласно настоящему изобретению, способ дополнительно включает смешение, например, механическое смешение по меньшей мере одного жидкого органического пероксида и инертного охлаждающего носителя в секции для смешения, размещенной в секции с регулируемой температурой. Согласно одному или более вариантам осуществления, одной секции с контролируемой температурой может быть достаточно для контролирования температуры и при хранении и при смешении. Например, обычная секция с контролируемой температурой может безопасно разместить как резервуар, так и хранилище для хранения по меньшей мере одного жидкого органического пероксида и смеситель для смешивания по меньшей мере одного жидкого органического пероксида с инертным охлаждающим носителем.

Согласно одному или более вариантам осуществления, способ дополнительно включает подачу инертного охлаждающего носителя в секцию для смешения, например, непрерывным способом. Согласно одному или более вариантам осуществления, способ дополнительно включает подачу инертного охлаждающего носителя в секцию для смешения при предварительно определенной скорости потока, которая может быть, например, постоянной или переменной. В качестве примера, данная предварительно заданная скорость потока может составлять от 1000 ч./млн до 5000 ч./млн, от 1200 ч./млн до 4000 ч./млн, от 1500 ч./млн до 3000 ч./млн, от 2000 ч./млн до 3000 ч./млн, на основе производительности оборудования для обработки пластмасс (где ч./млн во всем настоящем изобретении и следующей формуле изобретения означает мг/кг, и, таким образом, является ч./млн по массе). Например, скорость потока инертного охлаждающего носителя может быть в два раза меньше скорости потока жидкого органического пероксида. Например, скорость потока инертного охлаждающего носителя может быть в три раза выше скоро-

сти потока жидкого органического пероксида. В зависимости от необходимости способ может дополнительно включать регулирование скорости потока инертного охлаждающего носителя в зависимости от скорости потока жидкого органического пероксида(ов), которая, в свою очередь, может быть постоянной или переменной. В зависимости от необходимости, например, в зависимости от того, как выполняется обработка расплава полимера и от скорости потока, при которой подается полимер, способ может дополнительно включать регулирование скорости потока жидкого органического пероксида(ов) и неизменную скорость потока инертного охлаждающего носителя.

Согласно одному или более вариантам осуществления, способ дополнительно включает прокачивание по меньшей мере одного жидкого органического пероксида из хранилища в секцию для смешения при предварительно определенной скорости потока, которая может быть, например, постоянной или переменной. В качестве примера, данная предварительно заданная скорость потока может составлять от 10 ч./млн до 6000 ч./млн, от 30 ч./млн до 6000 ч./млн, от 50 ч./млн до 6000 ч./млн, от 50 ч./млн до 5000 ч./млн, от 100 ч./млн до 4000 ч./млн, от 200 ч./млн до 2000 ч./млн, от 300 ч./млн до 800 ч./млн, в зависимости от производительности оборудования для обработки пластмасс. В зависимости от необходимости, например, в зависимости от способа выполнения обработки расплава полимера и скорости потока, с которой подается полимер, способ может дополнительно включать регулирование предварительно определенной скорости потока по меньшей мере одного жидкого органического пероксида.

Согласно одному или более вариантам осуществления, полимер содержит или состоит из полиолефина.

Согласно одному или более вариантам осуществления, полиолефин можно выбрать, например, из гомополимеров и сополимеров олефинов, причем олефиновые мономеры содержат, например, от двух до восьми атомов углерода.

Согласно одному или более вариантам осуществления, полиолефин можно выбрать из группы, включающей гомополимеры полипропилена, гомополимеры полиэтилена, сополимеры, содержащие пропилен, сополимеры, содержащие этилен, и их комбинации. Например, полиолефин можно выбрать из группы, состоящей из гомополимеров полипропилена, сополимеров пропилена, гомополимеров полиэтилена и сополимеров этилена.

Согласно одному или более вариантам осуществления, можно применять полиэтилен, такой как линейный полиэтилен низкой плотности (LLDPE), полиэтилен низкой плотности (LDPE), полиэтилен высокой плотности (HDPE), а также этилвинилацетатный сополимер (EVA) и полиолефиновый эластомер (POE). Согласно одному или более вариантам осуществления, можно применять гомополимеры и сополимеры полиэтилена, например, имеющие плотность в диапазоне от 0,88 г/см<sup>3</sup> до 0,96 г/см<sup>3</sup>. Гомополимеры и сополимеры полиэтилена можно получить любым известным способом.

Согласно одному или более вариантам осуществления, можно применять полипропилен, включая гомополимеры, статистические сополимеры, блочные сополимеры и терполимеры пропилена. Сополимеры пропилена могут включать сополимеры пропилена с другими олефинами, такими как изомеры этилена, 1-бутена, 2-бутена и пентена, и, например, сополимеры пропилена с этиленом. Терполимеры пропилена могут включать сополимеры пропилена с этиленом и одним другим олефином. Случайные сополимеры, также известные как статистические сополимеры, представляют собой полимеры, в которых пропилен и сомономер(ы) случайным образом распределены по всей полимерной цепи в соотношениях, соответствующих соотношению подачи пропилена к сомономеру(ам). Блочные сополимеры состоят из сегментов цепи, состоящих из пропиленового гомополимера, и из сегментов цепи, состоящих, например, из случайного сополимера пропилена и этилена. Гомополимеры, случайные сополимеры и блочные сополимеры можно получить любым известным способом.

Согласно его второму аспекту, настоящее изобретение относится к способу обработки расплава расплавленного полимера, включающему способ подачи по меньшей мере одного жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава, как определено в любом одном из вариантов осуществления, описанных в настоящем изобретении. Способ обработки расплава расплавленного полимера дополнительно включает обработку расплава расплавленного полимера в присутствии по меньшей мере одного органического пероксида и инертного охлаждающего носителя в оборудовании для обработки полимерного расплава, и удаление инертного охлаждающего носителя из расплавленного полимера. Обработка в расплаве может включать экструзию и, необязательно, реологическую модификацию полимера, например, включающую разложение и/или сшивание полимера. Способ обработки расплава может дополнительно включать, помимо удаления инертного охлаждающего носителя, также удаление любых дополнительных летучих соединений из расплавленного полимера.

Согласно одному или более вариантам осуществления, оборудование для обработки полимерного расплава может включать экструдер.

Например, удаляемые летучие соединения могут содержать, помимо водного охлаждающего носителя или воды, летучие органические соединения.

Согласно одному или более вариантам осуществления, приведенная выше обработка в расплаве расплавленного полимера в присутствии по меньшей мере одного органического пероксида и инертного охлаждающего носителя в оборудовании для обработки полимерного расплава может включать экструзию

зию расплавленного полимера и нерастворенной смеси по меньшей мере одного органического пероксида и инертного охлаждающего носителя. Согласно одному или более вариантам осуществления, экструзию расплавленного полимера и нерастворенной смеси можно осуществлять экструдированием полимера, который может быть, например, в виде исходного порошка или гранул, добавлением вышеупомянутой смеси к полимеру и экструдированием расплава полимера в присутствии указанной смеси. Добавление смеси к полимеру можно осуществлять, например, до или во время экструзии полимера. Согласно одному или более вариантам осуществления смесь можно добавлять к полимеру таким образом, чтобы количество по меньшей мере одного органического пероксида по отношению к количеству полимера достигло заданного значения. Например, смесь можно добавлять к полимеру таким образом, чтобы количество по меньшей мере одного пероксида, добавляемого к полимеру, составляло от 100 ч./млн до 6000 ч./млн, от 200 ч./млн до 5000 ч./млн, от 300 ч./млн до 4000 ч./млн, по отношению к количеству полимера. Согласно одному или более вариантам осуществления смесь можно добавлять к полимеру таким образом, чтобы количество по меньшей мере одного пероксида, добавляемого к полимеру, составляло от 100 до 3000 ч./млн по отношению к количеству полимера.

Экструзию можно проводить в экструдере или в любом другом устройстве для обработки расплава. В обоих случаях экструзию осуществляет в экструзионных условиях. Инертный охлаждающий носитель в условиях экструзии может быть в форме пара, и при удалении, например, путем вентиляции экструдера, может экстрагировать нежелательные дезактивированные вещества и продукты разложения из расплавленного полимера усиленным способом. Усиленная дегазация нежелательных продуктов разложения и побочных продуктов, полученных при удалении паров в условиях экструзии, дополнительно снижает концентрации как летучих органических соединений, так и запахов. Как следствие, улучшенная дегазация полимера может быть достигнута во время обработки полимера в расплаве. Таким образом, способ согласно одному или более вариантам осуществления настоящее изобретение приводит не только к безопасному и простому транспорту по меньшей мере одного жидкого органического пероксида и к обработке расплава полимера контактированием по меньшей мере одного органического пероксида с расплавленным полимером в условиях экструзии, но также к эффективной экстракции инертного охлаждающего носителя, а также любых дезактивированных молекул и продуктов разложения из расплавленного полимера.

Согласно одному или более вариантам осуществления, экструзию можно проводить в присутствии одной или нескольких полимерных добавок. Примеры добавок могут включать, например, наполнители, антиоксиданты, фунгициды, бактерициды, усиливающие агенты, антистатические агенты, термостабилизаторы, УФ-стабилизаторы, усилители текучести, красители и другие добавки или технологические добавки, известные специалистам в данной области техники.

Согласно одному или более вариантам осуществления, экструзию можно проводить в экструдере при заданных условиях экструзии, подходящих для экструзии полимера, таких как, например, при заданной температуре экструзии и при заданной производительности экструзии. Применительно к экструдеру, если не указано иное, в настоящем описании и в последующей формуле изобретения примерные температуры и давления экструзии предназначены для обозначения температур и давлений в цилиндре.

Например, экструзию можно проводить при температуре экструзии от 180°C до 260°C, например, от 190°C до 250°C, например, от 190°C до 240°C.

Согласно одному или более вариантам осуществления, условия экструзии могут варьироваться по длине экструдера. Например, температуру экструзии можно увеличивать или уменьшать на меньшей части участка пути экструзии, который может проходить вдоль разных зон экструдера.

Независимо от или в сочетании с возможным изменением температуры по длине экструдера также может изменяться давление экструзии по длине экструдера. Например, условия экструзии могут включать давление в зоне подачи от 10 до 50 мбар и давление в зоне сжатия расплава от 30 до 120 бар. Остальные зоны могут иметь давления, промежуточные к примерным давлениям зоны подачи и зоны сжатия расплава.

Условия экструзии могут дополнительно включать интенсивное перемешивание в экструдере. Согласно одному или более вариантам осуществления, достаточное перемешивание можно получить изменением скорости вращения шнека экструдера в диапазоне от 2 м/с до 6 м/с в зависимости от окружной скорости.

Согласно одному или более вариантам осуществления, полимерный порошок или гранулы и смесь можно подавать в экструдер, который может быть, например, одношнековым или двухшнековым экструдером, по отдельности или в комбинации.

При подаче в комбинации полимерный порошок или гранулы и смесь могут быть необязательно предварительно смешаны, например, при температуре от 30°C до 40°C.

Полимерный порошок или гранулы и смесь можно по отдельности подавать в экструдер с заданными скоростями подачи. Например, скорость подачи полимера можно устанавливать в диапазоне от 2 до 500 кг/ч для лабораторных экструдеров и в диапазоне от 5 до 100 т/ч для промышленных экструдеров, и скорость подачи смеси можно отрегулировать, чтобы получить конечную гранулу с требуемой СТР.

Согласно одному или более вариантам осуществления, нерастворенную смесь при подаче отдельно от полимера можно добавлять в экструдер непрерывным или периодическим способом, ступенчато или постепенно.

Согласно одному или более вариантам осуществления, температуры различных зон экструдера, которые можно устанавливать в пределах заданных примерных диапазонов температур, известных в данной области техники, в стационарном состоянии, можно устанавливать на более низкие значения перед введением смеси. Например, температуры различных зон экструдера можно устанавливать в пределах диапазонов температур, которые по меньшей мере на 10-20°C ниже, чем соответствующие температуры стационарной экструзии. Однако смесь можно также вводить после того, как температуры в различных зонах экструдера достигнут установившихся диапазонов температур.

Согласно одному или более вариантам осуществления, скорость подачи смеси в экструдер можно постепенно увеличивать до заданного значения, которое может изменяться в зависимости от требуемой конечной СТР гранулы. Конечную СТР можно измерить с помощью онлайн-реометра, установленного, например, на головке экструдера.

Перед увеличением скорости подачи смеси в экструдер до стационарного значения температуры барабана и зоны головки можно либо поддерживать на уровне заданных перед вводом смеси, либо можно дополнительно снижать, например, на 5°C-10°C.

Согласно одному или более вариантам осуществления, удаление осуществляют вентилированием оборудования для обработки полимерного расплава. Для данной цели оборудование для обработки полимерного расплава может, например, включать зону декомпрессии, включающую зону вентиляции.

Согласно одному или более вариантам осуществления, оборудование для обработки полимерного расплава включает экструдер, содержащий по меньшей мере одну зону декомпрессии, включающую зону вентиляции, например, включающую по меньшей мере один вентиляционный канал или множество вентиляционных каналов. По меньшей мере одна зона декомпрессии может быть расположена, например, примерно на две трети вниз от шнека экструдера. Зона декомпрессии позволяет газам, таким как влага и летучие вещества, включая инертный охлаждающий носитель, выходить из расплавленного полимера через зону вентиляции, например, через одно или несколько вентиляционных отверстий, предусмотренных в зоне вентиляции.

При применении вентилируемого экструдера, включающего по меньшей мере одно вентиляционное отверстие, давление может быть сброшено в по меньшей мере одной зоне декомпрессии, и любые захваченные газы можно удалить с помощью вакуума. С данным экструдером способ согласно одному или более вариантам осуществления настоящего изобретения обеспечивает дополнительные эффекты, положительно влияющие на свойства полимеров, например, полиолефинов. Данные эффекты включают дезактивацию активных центров катализатора и улучшенную дегазацию полимера, помимо ожидаемого вклада воды и органического пероксида по отдельности.

Дезактивация активных центров катализатора и улучшенная дегазация полимера, в свою очередь, приводят к получению более чистых полимеров, содержащих меньше побочных продуктов реакции и количество летучих веществ, улучшенные органолептические свойства, такие как запах и вкус, и меньшее окрашивание. Кроме того, вода композиции при удалении через по меньшей мере одно вентиляционное отверстие извлекает нежелательные дезактивированные частицы и продукты разложения из расплавленного полимера.

Согласно одному или более вариантам осуществления, удаление осуществляют вентилированием экструдера, например, во время экструзии. Вентиляцию можно осуществлять, например, через по меньшей мере одно вентиляционное или вакуумное отверстие в зоне вентиляции экструдера. Согласно одному или более вариантам осуществления множество вентиляционных отверстий можно расположить по окружности вокруг барабана и/или вдоль части барабана.

Вентиляционное отверстие (отверстия) может удалять реакционную воду и нежелательные дезактивирующие частицы посредством предварительно определенного вакуума (т.е. давления ниже атмосферного), чтобы гарантировать отсутствие остаточной воды в полимере.

Согласно одному или более вариантам осуществления, удаление осуществляют созданием предварительно определенного вакуума в зоне вентиляции экструдера или во множестве зон вентиляции. В случае множества зон вентиляции каждая зона вентиляции может быть предусмотрена в соответствующей зоне декомпрессии экструдера, содержащего множество зон декомпрессии. Однако согласно одному или более вариантам осуществления в каждой зоне декомпрессии экструдера может быть предусмотрено множество зон вентиляции.

Согласно одному или более вариантам осуществления, предварительно определенный вакуум устанавливают на от 0 мбар до 800 мбар, например, от 200 мбар до 800 мбар, например, от 300 мбар до 600 мбар, например, от 350 мбар до 550 мбар. Согласно одному или более вариантам осуществления, удаление можно проводить установкой предварительно определенного вакуумного давления в зоне декомпрессии экструдера, содержащей зону вентиляции. Например, вакуумное давление в зоне декомпрессии может быть от 0 мбар до 800 мбар.

Например, давление ниже атмосферного в вентиляционной зоне можно поддерживать присоедине-

нием по меньшей мере одного вентиляционного отверстия к трубке, ведущей к вакуумному насосу или другим известным устройствам для создания вакуума.

Согласно одному или более вариантам осуществления, расплав полимера, обработанный способом, может содержать любой из типичных полимеров, определенных выше.

Например, полимер, подлежащий обработке в расплаве, может быть гомополимером или сополимером пропилена. Согласно одному или более вариантам осуществления, гомополимер или сополимер пропилена перед обработкой расплава может иметь начальный СТР, измеренный в соответствии с ISO 1133 при нагрузке 2,16 кг при 230°C, от приблизительно 0,2 г/10 мин до приблизительно 100 г/10 мин, например, от 0,2 г/10 мин до 50 г/10 мин, например, от 0,2 г/10 мин до 20 г/10 мин.

В описании и формуле изобретения, если не указано иначе, СТР представляет собой СТР, измеренную согласно ISO 1133 при нагрузке 2,16 кг при 230°C.

Согласно одному или более вариантам осуществления, гомополимер или сополимер пропилена, после обработки расплава одним или несколькими вариантами осуществления смеси может иметь конечную СТР до 5000% выше исходной СТР. Согласно одному или более вариантам осуществления конечная СТР может составлять от 50 г/10 мин до 2000 г/10 мин, например, от 20 г/10 мин до 100 г/10 мин, например, от 5 г/10 мин до 20 г/10 мин.

Согласно его следующему аспекту, настоящее изобретение относится к полимерной композиции, полученной одним или более из вариантов осуществления способа, определенного выше.

Полимерную композицию можно применять для получения различных продуктов, например, для литья под давлением, пленок и волокон. Примерами применения продукта являются продукты для литья под давлением и формования с раздувом, такие как, например, продукты для литья под давлением и выдувного формования, применяемые для упаковки и применения в автомобилестроении. Применение нетканых материалов из спанбонда и волокон, выдуваемых из расплава, например, в гигиенических, медицинских, автомобильных и геотекстильных применениях, также может быть примерным применением для полимерной композиции.

Согласно его следующему аспекту, настоящее изобретение относится к применению дистиллированной или деионизированной воды в качестве инертного охлаждающего носителя по меньшей мере одного органического пероксида в оборудовании для обработки полимерного расплава.

Согласно одному или более вариантам осуществления, вода может иметь одно или несколько свойств, указанных в любом из вариантов осуществления, описанных выше со ссылкой на любой из способов.

Согласно его следующему аспекту, настоящее изобретение относится к системе подачи жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава. Система включает секцию с контролируемой температурой, содержащую хранилище по меньшей мере одного органического пероксида и смеситель для смешения по меньшей мере одного жидкого органического пероксида с инертным жидким охлаждающим носителем без растворения по меньшей мере одного жидкого органического пероксида. Система дополнительно включает трубу, выполненную с возможностью сообщения смесителя по текучей среде с оборудованием для обработки полимера, расположенным вне секции с контролируемой температурой. Труба не снабжена какими-либо охлаждающими устройствами, такими как, например, охлаждающая рубашка, двойная стенка для циркуляции в ней охлаждающей среды или какие-либо внешние охлаждающие устройства и подобные. Действительно, в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления инертный жидкий охлаждающий носитель может выполнять охлаждающую функцию удовлетворительным, эффективным и простым способом. Соответственно, система может содержать обычную трубу, которую можно удобно и безопасно применять для транспортировки по меньшей мере одного жидкого органического пероксида в смеси с инертным жидким охлаждающим носителем из секции с контролируемой температурой в оборудование для обработки полимерного расплава.

Согласно одному или более вариантам осуществления, труба может иметь длину от 5 м до 200 м, например, от 10 м до 100 м.

Согласно одному или более вариантам осуществления, труба представляет собой одностенную трубу.

Согласно одному или более вариантам осуществления, труба может содержать множество секций, имеющих разную длину и/или расположенных в разных направлениях. Например, множество секций можно соединять друг с другом прямыми или изогнутыми соединителями, шарнирами, коленами и подобными соединительными средствами.

Согласно одному или более вариантам осуществления, смеситель включает или представляет собой статический смеситель, например, для непрерывного смешения жидкостей.

Согласно одному или более вариантам осуществления, секция с контролируемой температурой дополнительно содержит инжектор для инъектирования инертного жидкого охлаждающего носителя в смеситель при предварительно определенной температуре, например от 5°C до 25°C. Например, инжектор можно сконфигурировать для инъектирования инертного жидкого охлаждающего носителя в пределах нижнего и верхнего температурного предела, чтобы предотвратить замерзание и нагрев по меньшей мере одного жидкого органического пероксида, соответственно. Для данной цели, инжектор можно

снабдить регулятором температуры.

Согласно одному или более вариантам осуществления, инжектор можно сконфигурировать на ввод инертного жидкого охлаждающего носителя в смеситель при предварительно определенной скорости потока, например, от 1000 ч./млн до 5000 ч./млн, в зависимости от производительности технологического оборудования для полимера, например, регулируемым образом.

Согласно одному или более вариантам осуществления, секция с контролируемой температурой дополнительно содержит насос для прокачивания по меньшей мере одного органического пероксида в смеситель при предварительно определенной скорости потока, например, от 10 ч./млн до 6000 ч./млн, от 10 ч./млн до 5000 ч./млн, в зависимости от производительности технологического оборудования для полимера. Например, насос может быть любым насосом-дозатором жидкости, подходящим для введения отмеренного количества жидкости в другую жидкость.

Оборудование для обработки полимерного расплава может включать экструдер и может включать любые характерные особенности, описанные выше со ссылкой на оборудование для обработки полимерного расплава, которое можно применять в вариантах осуществления вышеупомянутых способов.

#### **Краткое описание чертежей**

Чертеж иллюстрирует схематический вид системы для модификации реологии полимера в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

#### **Описание вариантов осуществления**

Следующие примеры способов и систем для подачи по меньшей мере одного жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава и обработки расплава полимера приведены для иллюстрации, но не для ограничения.

Система обработки расплава полимера согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения схематически показана на чертеже и обычно обозначена ссылочным номером 12. Обработка полимера в расплаве может, например, включать разложение и/или сшивание полимера, которым может быть, например, полипропиленом.

Система 12 включает систему подачи жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава, где система будет описана более подробно ниже, и оборудование для обработки расплава, содержащее зону вентиляции 10.

В варианте осуществления, показанном на чертеже, оборудование для обработки расплава представляет собой экструдер 9, расположенный вне секции с контролируемой температурой, который обычно обозначают ссылочным номером 3. Однако, система может включать любой тип оборудования для обработки расплава, расположенный вне секции с контролируемой температурой 3.

Экструдер 9 содержит загрузочную воронку 8, зону сжатия расплава (не показана) и зону декомпрессии, включающую зону вентиляции 10, расположенную за загрузочной воронкой 8. Зону вентиляции 10 можно обеспечивать по меньшей мере одним вентиляционным отверстием (не показано). Экструдер 9 может быть двухшнековым экструдером, таким как, например, двухшнековый экструдер с однонаправленным вращением и тесным зацеплением.

Например, секция с контролируемой температурой 3 может иметь форму корпуса, в котором поддерживается заданная температура, например, от 10°C до 20°C, с помощью ОВКВ.

В варианте осуществления, показанном на фигуре 1, секция с контролируемой температурой 3 включает хранилище 1, например, резервуар для хранения жидкого органического пероксида 13, которым может быть, например, 2,5-диметил-2,5-ди(тертрет-бутилперокси)гексаном, и смеситель 5 для смешивания жидкого органического пероксида 13 с инертным водным охлаждающим носителем 4, которым может быть, например, деминерализованной водой. Например, деминерализованная вода может содержать менее 2%, менее 1%, менее 0,5%, менее 0,1% или не содержать растворенных соединений, таких как соли. Резервуар для хранения может представлять собой любой резервуар для хранения, известный в области безопасного хранения жидких органических пероксидов и отвечающий установленным правилам безопасности для данного типа материалов. Смеситель 5 может представлять собой статический смеситель для непрерывного перемешивания жидкостей.

Секция с контролируемой температурой 3 дополнительно включает инжектор (детально не показан) для инжектирования инертного водного охлаждающего носителя 4 в смеситель 5. Инжектор может инжектировать инертный водный охлаждающий носитель 4 с предварительно определенной скоростью потока, например, от 1000 ч./млн до 5000 ч./млн в зависимости от производительности оборудования по обработке полимеров. Например, скорость потока инертного водного охлаждающего носителя 4 может быть по меньшей мере вдвое выше скорости потока жидкого органического пероксида 1, например, в три раза выше скорости потока жидкого органического пероксида 1. Инжектор может инжектировать инертный водный охлаждающий носитель 4 при заранее заданной температуре, например, от 5° до 25°C, в зависимости от жидкого органического пероксида 13. Для данной цели инжектор можно снабжать регулятором температуры. Температуру инертного водного охлаждающего носителя 4 можно выбрать и/или отрегулировать в пределах нижнего и верхнего температурного предела для предотвращения замерзания и нагревания жидкого органического пероксида 13 соответственно. Например, когда жидкий органический пероксид 13 представляет собой 2,5-диметил-2,5-ди(тертрет-бутилперокси)гексан, данная темпера-

тура может варьироваться от 10°C до 40°C.

Секция с контролируемой температурой 3 дополнительно содержит насос 2 для подачи жидкого органического пероксида 13 в смеситель 5 с заранее заданной скоростью потока, например, от 50 ч./млн до 6000 ч./млн, в зависимости от производительности оборудования для обработки полимера. Например, насос 2 может быть любым насосом-дозатором жидкости, подходящим для введения отмеренного количества жидкости в другую жидкость.

Система для подачи жидкого органического пероксида в экструдер 9 включает секцию с контролируемой температурой 3 и трубу 6, выполненную с возможностью сообщения смесителя 5 по текущей среде с экструдером 9, расположенным вне секции с контролируемой температурой 3. Труба 6 не снабжена какими-либо внешними средствами контроля температуры, такими как, например, охлаждающая рубашка или двойная стенка для циркуляции охлаждающей среды в ней или подобные. Действительно, охлаждающая функция жидкого органического пероксида 13 выполняется инертным водным охлаждающим носителем 4. Соответственно, труба 6 может быть обычной одностенной трубой, которая не нуждается в каких-либо специальных охлаждающих средствах. Труба 6 может иметь длину от 5 м до 200 м, но возможна и отличная длина в зависимости от размеров системы 12 для обработки расплава полимера и компоновки ее аппарата.

Согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, примерный способ обработки расплава полимера, включающий, например, разрушение и/или сшивку полипропилена, применяя по меньшей мере один органический пероксид, такой как, например, 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексан, может быть следующим. Примерный способ обработки расплава данного полимера включает транспортировку жидкого органического пероксида 13 в нерастворенной смеси с инертным водным охлаждающим носителем 4, например, деминерализованной водой, из секции с контролируемой температурой 3 в загрузочное отверстие экструдера 9, экструзию расплавленного полимера в присутствии жидкого органического пероксида 13 и инертного водного охлаждающего носителя 4 в экструдере 9, и удаление инертного водного охлаждающего носителя 4 и любых дополнительных летучих соединений из расплавленного полимера. Для образования смеси жидкого органического пероксида 13 и инертного водного охлаждающего носителя 4 способ может дополнительно включать хранение жидкого органического пероксида 13 в хранилище 1, расположенном в секциях с регулируемой температурой 3, подачу жидкого органического пероксида 13 из хранилища 1 в смеситель 5 при предварительно определенной скорости потока, например, 500 ч./млн, в зависимости от производительности оборудования для обработки полимера, подачи инертного водного охлаждающего носителя 4 в смеситель 5 при предварительно определенной скорости потока, например, 2500 ч./млн, относящейся к производительности оборудования для обработки полимеров, и смешивание жидкого органического пероксида 13 и инертного водного охлаждающего носителя 4 в смесителе 5.

Жидкий органический пероксид 13 в нерастворенной смеси с инертным водным охлаждающим носителем 4 вместе с полипропиленовым порошком или гранулами 7 подается в загрузочную воронку экструдера 8, например, под азотной подушкой, по трубопроводу 6. Вместе с жидким органическим пероксидом 13 подается инертный водный охлаждающий носитель 4 и полимерный порошок или гранулы 7, любые стабилизаторы и/или дополнительные добавки также можно подавать через загрузочную воронку 8 в экструдер 9. Экструдер 9 забирает композиционный материал с помощью вращающегося шнека(ов), например, при температуре экструзии в диапазоне от 190°C до 260°C. Полимер, жидкий органический пероксид 13 и инертный водный охлаждающий носитель 4 смешиваются шнеком экструдера 9.

Давление и температуру экструзии можно изменять по длине экструдера 9. Например, давление расплава в зоне сжатия расплава может составлять приблизительно 100 бар при температуре приблизительно 230°C. В процессе реактивной экструзии жидкий органический пероксид 13 вызывает реологическую модификацию расплавленного полимера.

Поскольку экструдер 9 содержит зону вентиляции 10 после загрузочной воронки экструдера 8, деминерализованную воду, ранее действующую как инертное водное охлаждающее средство 4 для жидкого органического пероксида 13 вдоль трубы 6, можно извлекать в виде пара 11 из расплава полимера. Кроме того, вместе с водой можно удалять другие летучие соединения и продукты реакции разложения пероксида. Давление вакуума, необходимое для полного извлечения инертного охлаждающего носителя, состоящего из деминерализованной воды, а также других летучих соединений, можно выбрать при давлениях ниже атмосферного в зоне вентиляции, например, в пределах от 1000 мбар (абс.) до 800 мбар (абс.), и например от 800 мбар (абс.) до 600 мбар (абс.). Например, давление ниже атмосферного в зоне вентиляции можно поддерживать на требуемом уровне, присоединяя по меньшей мере одно вентиляционное отверстие к трубе, ведущей к вакуумному насосу или другим известным устройствам для создания вакуума. Вентиляционный полимер выходит из экструдера 9 через гранулятор (не показан) в виде гранул.

Как следствие, может быть достигнуто улучшенное снижение содержания летучих органических соединений, усиленное уменьшение запахов и улучшенный цвет конечных полимерных гранул.

В описанных вариантах осуществления, 2,5-диметил-2,5-ди(трет-бутилперокси)гексан описан как жидкий органический пероксид для модификации реологии полимера, такого как полипропилен, в условиях экструзии. Однако, различные полимеры можно реологически модифицировать различными орга-

ническими пероксидами в соответствии с вариантами осуществления способа настоящего изобретения. Также, описаны варианты осуществления, основанные на применение одного органического пероксида. Однако множество органических пероксидов можно применять в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления способа настоящего изобретения. Кроме того, также можно применять стабилизаторы и/или дополнительные добавки в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления способа настоящего изобретения.

Несмотря на то, что изобретение описано в отношении ограниченного числа вариантов осуществления, специалисты в данной области техники, ознакомившись с данным описанием, поймут, что могут быть разработаны другие варианты осуществления, не выходящие за пределы объема изобретения, описанного в настоящем изобретении. Соответственно, объем изобретения должен быть ограничен только прилагаемой формулой изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ подачи жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава, причем способ включает этапы, на которых:

смешивают по меньшей мере один жидкий органический пероксид (13) и инертный охлаждающий носитель (4) в секции для смешения, расположенной в секции (3) с контролируемой температурой, причем смешение проводят без растворения по меньшей мере одного жидкого органического пероксида (13) в инертном охлаждающем носителе (4); и

транспортируют по меньшей мере один жидкий органический пероксид (13) в нерастворенной смеси с инертным охлаждающим носителем (4) из секции (3) с контролируемой температурой в оборудование для обработки полимерного расплава, расположенное вне секции с контролируемой температурой,

причем инертный охлаждающий носитель (4) содержит водную жидкость, которая является летучей в условиях обработки расплава.

2. Способ по п.1, в котором инертный охлаждающий носитель (4) состоит из деминерализованной воды.

3. Способ по п.1 или 2, в котором оборудование для обработки полимерного расплава включает экструдер (9).

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором смешение представляет собой механическое смешение.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором способ дополнительно включает этап, на котором хранят по меньшей мере один жидкий органический пероксид (13) в хранилище (1), расположенном в секции (3) с регулируемой температурой.

6. Способ по п.1, дополнительно включающий этап, на котором подают инертный охлаждающий носитель (4) в секцию для смешения при предварительно определенной скорости потока.

7. Способ по п.5, дополнительно включающий этап, на котором прокачивают по меньшей мере один жидкий органический пероксид (13) из хранилища (1) в секцию для смешения при предварительно определенной скорости потока.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором полимер представляет собой полиолефин.

9. Способ обработки расплава расплавленного полимера, включающий способ подачи по меньшей мере одного жидкого органического пероксида (13) в оборудование для обработки полимерного расплава как определено по любому из пп.1-8, причем способ обработки расплава расплавленного полимера дополнительно включает этапы, на которых проводят обработку расплава расплавленного полимера в присутствии по меньшей мере одного органического пероксида (13) и инертного охлаждающего носителя (4) в оборудовании для обработки полимерного расплава, и удаляют инертный охлаждающий носитель (4) из расплавленного полимера.

10. Способ по п.9, в котором этап обработки расплава включает экструзию.

11. Способ по п.9 или 10, в котором этап удаления проводят вентиляцией оборудования для обработки полимерного расплава.

12. Система подачи жидкого органического пероксида в оборудование для обработки полимерного расплава, причем система содержит:

секцию (3) с регулируемой температурой, включающей в себя:

хранилище (1) по меньшей мере одного жидкого органического пероксида (13); и

смеситель (5) для смешения по меньшей мере одного жидкого органического пероксида (13) с инертным жидким охлаждающим носителем (4) без растворения по меньшей мере одного жидкого органического пероксида (13); и

трубу (6), выполненную с возможностью сообщения смесителя (5) по текучей среде с оборудованием для обработки полимеров, расположенным за пределами секции (3) с регулируемой температурой, причем труба (6) не снабжена средствами охлаждения.

13. Система по п.12, в которой смеситель представляет собой статический смеситель.

14. Система по п.12 или 13, в которой секция (3) с регулируемой температурой дополнительно содержит инжектор для иньектирования инертного жидкого охлаждающего носителя (4) в смеситель (5)

при предварительно определенной скорости потока.

15. Система по любому из пп.12-14, в которой секция (3) с регулируемой температурой дополнительно содержит насос (2) для перекачивания по меньшей мере одного жидкого органического пероксида (13) в смеситель (5) при предварительно определенной скорости потока.

