

УДК 621.798.37

***DIRECT FILLING* – ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДОЗИРОВАНИЯ
ЖИДКИХ И ПОЛУЖИДКИХ ПРОДУКТОВ****© Борис Львович Саламандра, Леонид Иосифович Тывес, Константин
Борисович Саламандра, Георгий Константинович Корендясев***Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия*info@recuper.ru

Аннотация. *Описывается схема построения дозаторов, которая не требует приводов, а основана на использовании давления в продуктопроводе. Такой дозатор представляет собой насадку на напорный продуктопровод, которая по сигналу от контроллера выдает дозу продукта. Наряду с высокой гигиеной розлива дозатор отличается большим быстродействием и повышенной точностью. Приводятся схемы модульных и роторных дозаторов «Direct filling», позволяющих увеличить число параллельных каналов выдачи доз продукта, что важно для многоручьевых автоматических линий фасовки и упаковки продуктов.*

Ключевые слова. *Автоматическая линия, дозатор, фасовка жидких и полужидких продуктов.*

Direct filling – an innovative system for dosing liquid and semi-liquid products**B.L. Salamandra, L.I. Tyves, K.B. Salamandra, G.K. Korendyasev***Institute of Machines Science of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Abstract. *The structures of the batchers, which do not require a drive unit and are based on the pressure in the product pipeline, are described. The batcher is present as nozzle on product pipeline, which by a signal from the controller produces a dose of the product. Along with high hygiene, the batcher features a high speed and accuracy. The modular and rotary systems of “Direct filling” batchers are permit to increase productivity due to increasing of the number of parallel dosing channels, which is important for highly productive automatic packing lines. The structures of modular and rotary “Direct filling” batchers are presented.*

Keywords. *Automatic line, batcher, dosing of liquid and semi-liquid products.*

В настоящее время к дозаторам автоматических линий упаковки полужидких продуктов существенно возросли требования по быстродействию, точности и гигиене. Традиционные объемные дозаторы жидких и полужидких продуктов, наиболее широко применяемые в мировой практике, по своему принципу соответствуют схеме порционного поршневого насоса Ктесибия (II-I вв. до н.э.) [1]. Развитие порционных дозаторов шло в направлении автоматизации привода и совершенствования уплотнительных и клапанных устройств, конструкция которых в значительной степени определяется свойствами дозируемой жидкости: со взвешенными частицами, пастообразных, агрессивных, вязких и труднотекучих [2]. Современный дозатор этого типа, как правило, используемый в автоматическом оборудовании для фасовки продуктов, имеет свой буферный бачок (рис. 1), оснащенный датчиками уровня для автоматической подачи продукта из продуктопровода, и пневмо- или гидроприводы для всасывания продукта из бачка, фиксации и выдачи дозы продукта.

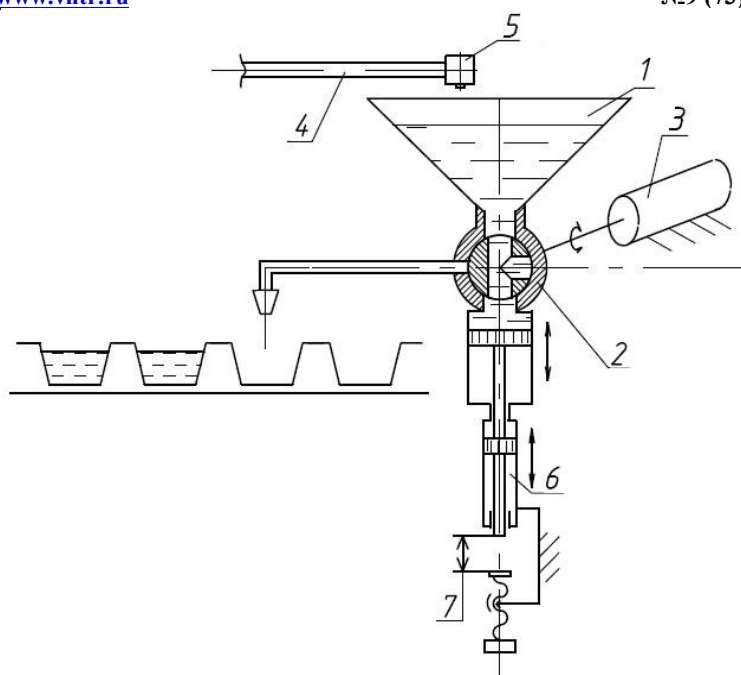


Рис. 1. Традиционная схема дозатора полужидких продуктов:

1 – буферный бачок; 2 – трёхходовой кран; 3 – привод крана, 4 – напорный продуктопровод; 5 – клапан; 6 – пневмо- или гидроцилиндр; 7 – регулировка дозы.

Дозатор работает в два этапа:

а) в показанном положении трехходового крана приводной цилиндр идет вниз до упора, всасывая в мерный цилиндр из бачка дозу продукта;

б) кран поворачивается на 90° по часовой стрелке, после чего цилиндр идет вверх, выдавливая дозу продукта в сопло. Регулировка дозы осуществляется изменением положения механического упора.

Как видим, схема дозирующего устройства достаточно проста, но также очевидны присущие этой схеме недостатки:

а) по гигиене розлива: возможность попадания продуктов износа трущихся пар и вредной микрофлоры из внешней среды в дозируемый продукт через уплотнения штоков приводных цилиндров. Трудность автоматической промывки дозатора в местах установки уплотнений;

б) по точности дозы: возможность подсоса воздуха в мерный цилиндр на этапе всасывания при вязких продуктах и утечек через уплотнения на этапе выдавливания при жидких продуктах;

в) по быстродействию: затрачивается время на этап всасывания;

г) по номенклатуре продуктов: продукт долго находится в баке, что вызывает повышенный уровень окислительных процессов; ухудшается процесс розлива аэрированных (насыщенных азотом) продуктов, поскольку газовая фаза частично уходит из продукта при сбросе давления при попадании в буферный бак.

Важно отметить, что в современном производстве продуктов питания, как правило, технологический участок изготовления самого продукта удален от участка его упаковки. Часто оборудование для изготовления продукта монтируется на верхнем этаже здания, а автоматы для упаковки продукта – на нижнем. При этом продукт из технологического бака готовой продукции перекачивается насосом по продуктопроводу к дозаторам упаковочных автоматов. При традиционной схеме дозирования напорный продуктопровод, ведущий из бака готовой продукции, завершается клапаном подачи продукта в промежуточный бачок дозирующего устройства. А далее опять же организуется принудительный (от внешних источников энергии), но уже дозированный поток продукта от бачка к соплу выдачи дозы со всеми приведенными выше недостатками.

Данную нелогичность построения продуктового тракта, а также указанные недостатки можно устранить, если организовать прямой впрыск (*direct filling*) дозы продукта в сопло непосредственно из напорного продуктопровода, т.е. задача состоит в том, чтобы создать некоторую «насадку» на продуктопровод, которая по сигналу от контроллера будет пропускать на выход фиксированную дозу продукта. Как показали исследования и опытные разработки, такую задачу можно решить, если разместить в потоке продукта некоторый «разделитель» и организовать его возвратно-поступательное движение за счет энергии движущегося под давлением продукта. Подобная схема хорошо зарекомендовала себя по герметичности и стабильности дозы при построении дозаторов для чистых, в первую очередь, агрессивных жидкостей [3]. В ИМАШ РАН разработаны, испытаны и внедрены в производство дозаторы «*Direct filling*» для вязких продуктов, в том числе и продуктов с кусочками.

Принципиальная схема модульного дозатора «*Direct filling*» [4] представлена на *рис. 2, а*. Здесь в мерной гильзе 1 размещен разделитель потока – свободно плавающий поршень 2, разделяющий объем мерной гильзы на две камеры 3 и 4. Каждая из этих камер соединена каналами 5 и 6 с выходом дозатора – соплом 7 и с его входом – напорным продуктопроводом 8. В каналах установлены программно управляемые клапаны 9, 10, 11 и 12. Все клапаны одинаковые; в данном случае они пневматические: при подаче сжатого воздуха через штуцер 13 упругая мембрана 14 перекроет внутреннее сопло 15 и тем самым перекроет канал. В торцах мерной гильзы 1 установлены механические упоры 16 и 17, ограничивающие перемещение поршня 2. Один из упоров 17 выполнен регулируемым.

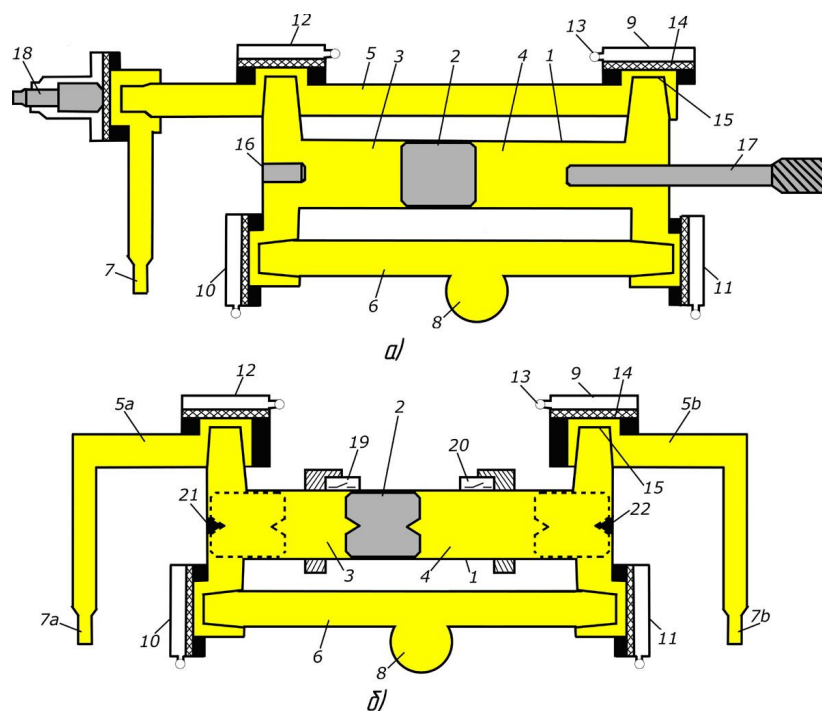


Рис. 2. а – схема одноканального модуля «*Direct filling*» с механическими упорами;

б – схема двухканального модуля с датчиками положения плавающего поршня:

1 – мерная гильза; 2 – свободно плавающий поршень; 3,4 – левая и правая камеры гильзы; 5, 6 – каналы; 7, 7а, 7б – сопла выхода дозы; 8 – напорный продуктопровод; 9, 10, 11, 12 – клапаны; 13 – штуцер подвода воздуха; 14 – мембрана; 15 – сопло клапана; 16, 17 – механические упоры, 18 – продуктовый дроссель; 19,20 – датчики, 21, 22 – базовые конусы для поддержания поршня при автоматической мойке.

В исходном положении все клапаны 9, 10, 11 и 12 закрыты, а поршень 2 находится на одном из упоров, например, на упоре 16. При необходимости выдачи дозы, когда под сопло 7 поступит для загрузки продуктом очередная емкость, по сигналу контроллера открываются клапаны 9 и 10. Продукт от напорного продуктопровода 8 через открытый клапан 10 будет

поступать в камеру 3, перемещая поршень 2 вправо, выдавливая дозу продукта из камеры 4 в сопло 7 через открытый клапан 9. Как только поршень 2 достигнет упора 17, процесс дозирования заканчивается, и контроллер закрывает клапаны 9 и 10. При этом в камере 3 уже набран продукт для следующего цикла дозирования.

На следующем цикле контроллер открывает клапаны 11 и 12, расположенные на другой диагонали устройства. При этом поршень 2 будет перемещаться влево до упора 16, выдавливая дозу продукта в сопло через клапан 12. Таким образом, поочередно отключая клапаны, расположенные на различных диагоналях устройства, через сопло 7 будет выдаваться последовательность заданных доз продукта. На выходе устройства установлен дроссель 18 для регулирования скорости истечения продукта. Регулирование дозы осуществляется плавно – вращением винта-упора 17. Представленное на *рис. 2, а* устройство является модулем, обеспечивающим дозирование продукта по одному каналу.

В автоматических линиях фасовки продуктов типа «Form-fill-seal» число параллельных каналов выдачи доз должно соответствовать количеству емкостей, формируемых за один цикл работы линии. Поэтому актуальным является создание многоканальных дозирующих систем «Direct filling». Особенно эта проблема важна для порционных линий, которые за один цикл обрабатывают и выдают 20 или более упаковок. Одним из вариантов достижения многоканальности является установка соответствующего количества модулей на один напорный продуктопровод. Каждый из модулей имеет свою независимую регулировку дозы, но все они объединены одним продуктопроводом и воздушными каналами управления клапанами. Для разных диапазонов доз разработаны модули с различными диаметрами мерных цилиндров. В таблице приведены технические характеристики модулей, созданных для автоматической линии мод. АЛБ 165 производства фирмы «Рекупер», а на *рис. 3* – общий вид дозаторного узла для трехручьевой линии.

Таблица.

Диаметр гильзы, мм	Усилие на поршне при 1 кг/см.кв, кгс	Max/min объем дозы, см.куб.	Чувствительность регулировки, см.куб./об
Ø 25	4,909	71,18/3,9	0,49
Ø 32	8,042	116,61/6,4	0,8
Ø 40	12,566	182,21/10,0	1,26
Ø 50	19,635	265,07/0	1,96
Ø 63	31,172	420,82/0	3,12

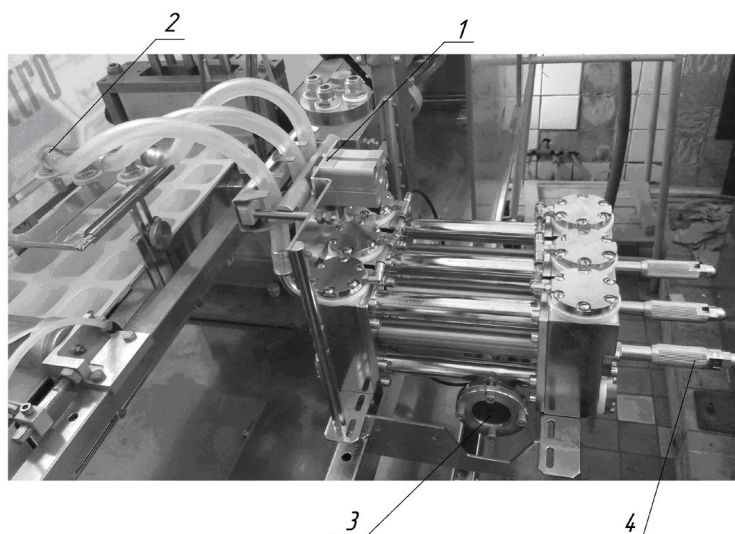


Рис. 3. Общий вид дозаторного узла трехручьевой автоматической линии фасовки мод. АЛБ 165: 1 – механизм сброса последней капли и разрыва струи; 2 – выходные сопла; 3 – напорный продуктопровод; 4 – маховик регулировки дозы.

Здесь на выходе трехмодульного дозатора установлен механизм сброса последней капли, работающий по принципу перистальтики: после завершения цикла дозирования, пневмоцилиндр сжимает упругие силиконовые шланги, выжимая в сопло каплю продукта, а через 0,4 – 0,6 сек. отпускает их. При этом за счет упругости шланга столб продукта вытягивается в шланг. Разнонаправленное движение последней капли и столба продукта в шланге обеспечивает гарантированный разрыв струи при дозировании вязких тягучих продуктов типа меда, шоколадной пасты и т.п. Экспериментальные исследования модульных дозаторов, построенных по принципу «*Direct filling*» показали, что при полной герметичности они обеспечивают высокую стабильность выдаваемой дозы: в пределах 0,8 – 0,9% даже для малых доз (15 – 20 см. куб.).

Другим вариантом обеспечения многоканальности является создание роторных дозирующих систем «*Direct filling*». Такое устройство [5], обеспечивающее в общем случае n каналов, содержит ротор 1 (рис. 4), в котором равномерно по окружности установлено k мерных гильз 2 с поршнем 3. Поршень 3 разделяет мерное отверстие гильзы 2 на камеры 4 и 5.

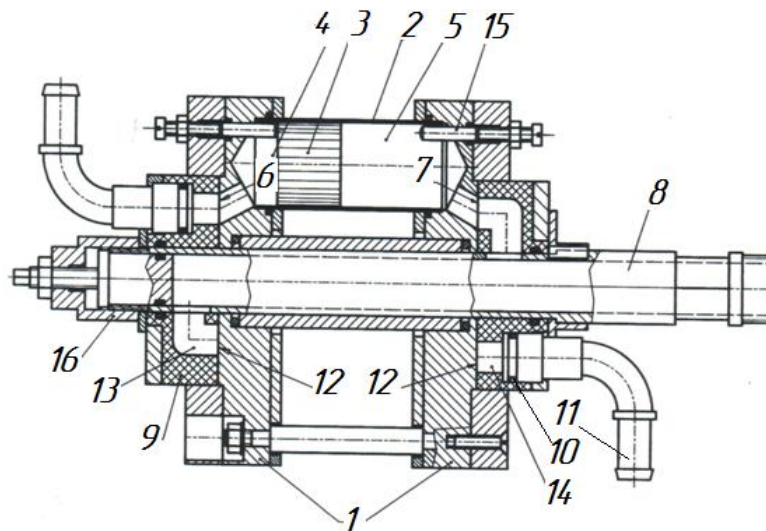


Рис. 4. Схема многоканального роторного дозатора «*Direct filling*»:

1 – ротор; 2 – мерная гильза; 3 – поршень; 4,5 – левая и правая камеры гильзы; 6,7 – каналы в роторе; 8 – полный вал; 9, 10 – фланцы корпуса; 11 – выходные сопла; 12 – отверстия во фланце статора; 13, 14 – каналы связи с продуктопроводом и соплом, 15 – механический упор; 16 – устройство регулировки торцевого зазора.

Камера 4 сообщается с отверстием 6, выполненным на левом торце ротора 1; камера 5 – с отверстием 7 на правом торце ротора 1. Оба торца ротора контактируют с неподвижным корпусом, который образован полным валом 8, являющимся одновременно осью вращения ротора 1, и двумя фланцами 9 и 10, несущими сопла 11 вывода дозы продукта. Полость вала 8 сообщается с напорным продуктопроводом. На торце каждого фланца, контактирующем с торцом ротора 1, выполнено четное количество n равномерно расположенных по окружности отверстий 12, причем $n/2$ отверстий связано каналом 13 с полостью вала 8 и через эту полость – с напорным продуктопроводом, а другие $n/2$ отверстий 12 связаны каналом 14 с соплом 11 вывода дозы продукта.

По окружности каналы чередуются, образуя последовательность 13; 14; 13; 14; Неподвижные фланцы 9 и 10 одинаковые, но повернутые друг относительно друга на угловой шаг $2\pi/n$; поэтому при совпадении отверстий 6 и 7 ротора с отверстиями 12 фланцев 9 и 10 корпуса одна из камер 4 или 5 мерной гильзы 2 всегда будет сообщаться с полостью вала 8, а вторая – с соплом 11 вывода дозы продукта.

Каждая гильза оснащена регулируемыми упорами 15, ограничивающими ход поршня 3 – для наладки дозы, а весь дозатор – устройством 16, обеспечивающим осевой поджим контактирующих торцев ротора 1 и фланцев 9 и 10, что уменьшает торцевой зазор для устранения перетечек, но допускает поворот ротора 1 относительно неподвижного корпуса. Привод поворота на *рис. 4* не показан. В исходном положении поршень 3 в каждой из мерных гильз 2 находится в одном из крайних положений и поджимается к одному из упоров 15 давлением продукта. При повороте ротора 1 на угол $2\pi/n$ отверстия 6 и 7 ротора 1 совпадут с очередными отверстиями 12, выполненными на торцах фланцев 9 и 10 корпуса. В результате поршень 3 под действием давления продукта переместится во второе крайнее положение, выдавив дозу продукта в соответствующий канал. При повороте на следующий угол $2\pi/n$ аналогично произойдет дозирование продукта по второму каналу и т.д. Если на роторе 1 установлена только одна мерная гильза 2 ($k = 1$), то для того, чтобы выдать дозы по всем n каналам, необходимо повернуть ротор на угол 360° .

Важно отметить, что при встраивании подобных устройств в автоматическую линию фасовки необходимо обеспечить заданный, как правило, достаточно малый по времени цикл его работы. С другой стороны, скорость вращения ротора ограничена тем, что за время перекрытия отверстий на торцах фланцев 9, 10 и ротора 1 поршень должна успеть переместиться из одного крайнего положение в другое, дойдя до второго упора 15 и обеспечивая тем самым стабильность выдаваемой дозы по разным каналам. Увеличить быстродействие дозатора можно путем установки второй мерной гильзы 2 ($k = 2$). В этом случае для выдачи доз по всем каналам потребуется повернуть ротор 1 на вдвое меньший угол 180° . При установке трех гильз соответственно требуется повернуть ротор на 120° . И, наконец, максимальное быстродействие можно получить в предельном случае, когда $k = n$. Для дозатора, имеющего $n = 6$ каналов и $k = 6$ мерных гильз достаточно угла поворота 60° . В общем случае при любом четном n необходимый угол поворота ротора 1 для выдачи доз по всем n каналам равен $2\pi/k$.

На *рис. 5* представлен общий вид образца роторного дозатора «*Direct filling*» производства фирмы «Рекупер» на 6 параллельных каналов выдачи доз продукта от 8 до 50 см. куб. Для привода поворота ротора на 60° используется пневмоцилиндр, при перемещении штока которого из одного крайнего положения в другое дозатор выдает дозы продукта параллельно по всем шести каналам.

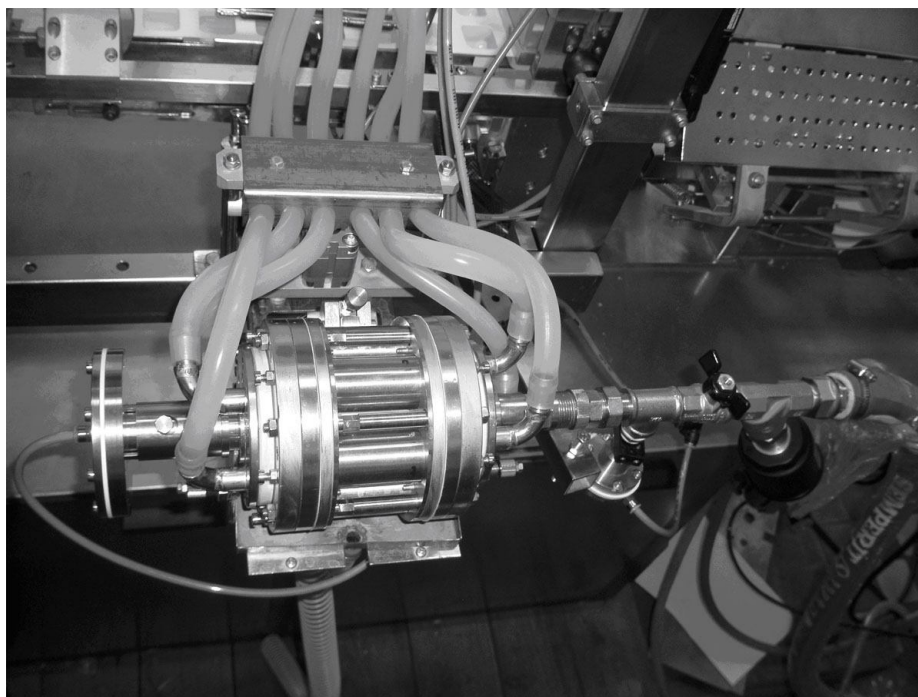


Рис. 5. Общий вид 6-канального роторного дозатора.

От существующих созданный дозатор отличается малыми габаритными размерами и, как показали экспериментальные исследования, высоким быстродействием, а также тем преимуществом, что в связи с плавным увеличением проходного сечения коммутируемых каналов наблюдается малая начальная скорость потока продукта, поступающего через сопло в емкость. Это позволяет устранить разбрызгивание при ударе струи продукта о доньшко емкости и отказаться от установки продуктовых демпферов.

Во всех рассмотренных выше вариантах дозаторов «слабым» местом являются механические упоры, расстояние между которыми определяет дозу. Во-первых, через уплотнения регулируемого упора (хоть это и неподвижное соединение) возможна как утечка продукта, так и подсос воздуха из внешней среды, что ухудшает точность дозирования и гигиену розлива. Во-вторых, неизвестно, когда при очередном цикле дозирования поршень достигнет крайнего положения (выйдет на упор), поскольку время ее перемещения зависит от вязкости продукта, давления в тракте и проходных сечений. В результате время, отводимое контроллером на этап дозирования, завышают, обеспечивая гарантированный выход поршня на упор, и тем самым – стабильность дозы. Поэтому дальнейшее совершенствование дозаторов «*Direct filling*» связано с устранением механических упоров и с возложением на систему управления дозатором функции остановки поршня в требуемом месте гильзы.

На *рис. 2, б* представлена схема двухканального дозатора, аналогичная одноканальному на *рис. 2, а*, но в которой отсутствуют механические упоры, а на гильзе установлены с возможностью установочного перемещения два датчика 19 и 20, фиксирующие положение поршня. Датчиками могут служить герконы, а в поршень вмонтировано магнитное кольцо (на схеме не показано). Сигналы с датчиков поступают в систему управления дозатором на контроллер, который в зависимости от поступивших сигналов управляет пневмораспределителями клапанов 9, 10, 11 и 12 дозатора.

В исходном положении все клапаны дозатора закрыты, а поршень 2 находится в одном из крайних положений, например, в районе левого датчика 19. Важно отметить, что при всех закрытых клапанах положение поршня 2 в мерной гильзе 1 будет неизменным, что обусловлено свойством несжимаемости жидкости и отсутствием перетечки продукта между камерами 3 и 4 через уплотнения поршня. При необходимости выдачи дозы продукта контроллер выдает сигнал на распределители клапанов 9 и 10, которые открываются – поршень 2 перемещается вправо, выдавливая дозу продукта в сопло 7б. При этом контроллер ожидает сигнала от правого датчика 20. Как только это событие происходит, контроллер перекрывает клапаны 9 и 10 и откроет клапана 11 и 12. Поршень 2 будет перемещаться вправо, выдавливая дозу продукта во второе сопло 7а. Как только датчик 19 выдаст сигнал о достижении поршнем левого положения, контроллер закроет клапаны 11 и 12: цикл завершен – через сопла 7а и 7б выдано по дозе продукта. Регулировка дозы осуществляется изменением расстояния между датчиками 19 и 20.

Управление по сигналам датчиков, регистрирующих положение поршня, существенно расширяет возможности дозатора «*Direct filling*». В частности, достаточно просто решается задача автоматической мойки всего устройства и, в том числе, поршня 2 в зоне между уплотнительными кольцами. Для этого при движении поршня 2, например, влево, контроллер игнорирует сигнал датчика 19, в результате чего поршень выходит в левый конец гильзы 1 и садится на базирующий конус 21 (на *рис. 2, б* показано пунктиром); при этом левая часть межуплотнительной поверхности поршня 2 становится открытой. Далее контроллер перекрывает клапан 11 и открывает клапан 10. Промывочная жидкость протекает через открытые клапана 10 и 12, промывая левую часть поршня 2. Закрыв клапан 12, открыв 9 и проигнорировав сигналы датчиков 19 и 20, контроллер «перегонит» поршень 2 в правый конец гильзы – на базовый конус 22 (также пунктиром). При этом открывается правая часть межуплотнительной поверхности поршня 2. Она будет промываться, если закрыть клапан 10 и открыть клапан 11. Перевести поршень 2 из правого промывочного положения в рабочее

можно, если закрыть клапан 9, открыть клапан 12 (поршень пойдет влево), проигнорировать сигнал датчика 20 и перекрыть все клапаны при появлении сигнала датчика 19.

При достаточно больших дозах продукта, весь дозатор можно собрать из стандартных элементов трубопроводной арматуры. На *рис. 6, а* в качестве гильзы используется стандартная прямая труба 1 с калиброванным отверстием, в котором перемещается поршень 2 с вмонтированным магнитным кольцом.

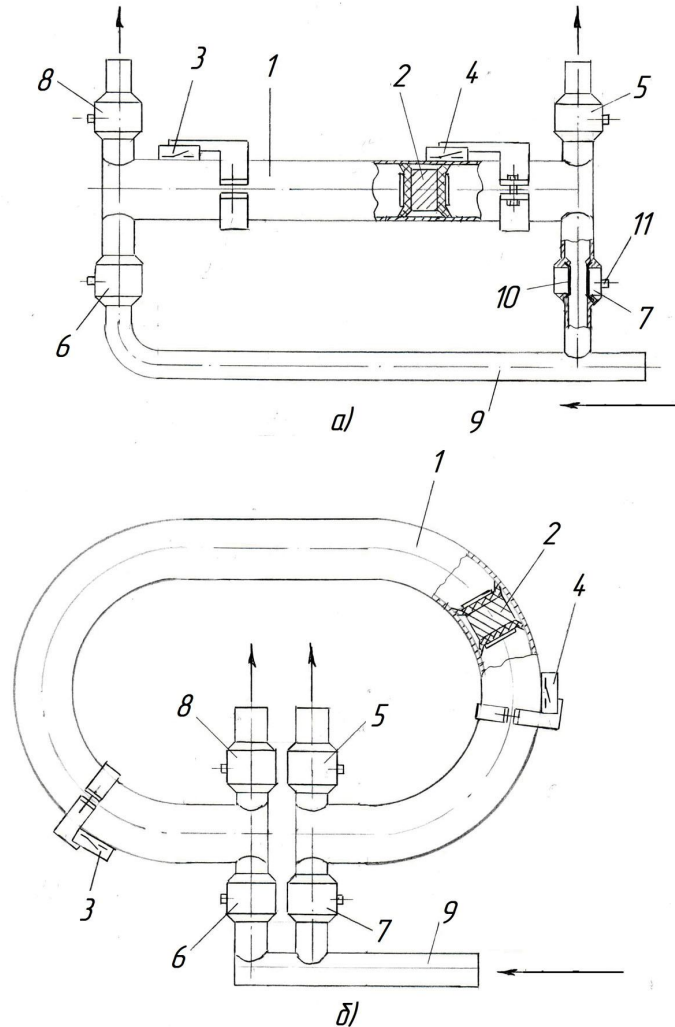


Рис. 6. Схемы дозаторов «Direct filling» для больших доз, собранные из стандартной трубопроводной арматуры на прямой (а) и изогнутой (б) мерных трубах: 1 – мерная труба; 2 – плавающий поршень; 3,4 – датчики положения поршня; 5,6,7,8 – клапаны; 9 – напорный продуктопровод; 10 – пережимная эластичная трубка; 11 – штуцер подвода сжатого воздуха.

При использовании изогнутой трубы 1 (*рис. 6, б*) ее минимальный радиус кривизны выбирается так, чтобы короткий поршень 2 плотно проходил по изгибу трубы за счет эластичности уплотнительных колец. На наружном диаметре трубы 1 с помощью хомутов крепятся датчики 3 и 4, которые можно смещать вдоль оси трубы 1 для регулирования дозы. На концы трубы 1 крепятся тройники, в которых на выходы, перпендикулярные оси трубы 1 устанавливаются стандартные управляемые клапана 5, 6, 7 и 8, из которых два (6 и 7) соединяются с напорным трубопроводом 9, а через два других (5 и 8) поочередно выдаются дозы продукта. В данной схеме, в качестве примера, показаны стандартные прямооточные клапаны «stop and go» [6], которые, с одной стороны, хорошо промываются, а с другой – надежно перекрывают проходное сечение канала за счет пережатия внутреннего упругого шланга 10 при подаче давления воздуха через штуцер 11 в наружную обойму клапана. Гидравлический удар, который возможен в таких системах при больших дозах, нивелируется упругостью мембран клапанов и плавностью их срабатывания.

Таким образом использование при построении дозирующих устройств технологии «*Direct filling*» обеспечивает высокую точность, гигиену и быстродействие процесса дозирования, практически недостижимые при использовании традиционной схемы дозатора. Кроме того, применение технологии «*Direct filling*» позволяет значительно снизить металлоемкость, и, следовательно, стоимость дозирующего устройства.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты №13-08-01235 А и № 13-08-90419 Укр_ф_а

Список литературы

1. Крайнев А.Ф. Машиноведение на языке схем, рисунков и чертежей. Книга 1. Технологии, машины и оборудование. М. Издательский дом «Спектр» 2010 г.
2. Финкельштейн С.М. Автоматические дозаторы для жидкостей. В кн. «Автоматизация производственных процессов», вып. IV, М., «Наука», 1964, стр. 68-105.
3. Гуревич А.Л., Соколов М.В. Импульсные системы автоматического дозирования агрессивных жидкостей. М., «Энергия», 1973, 111 с.
4. Саламандра Б.Л. Устройство для дозирования жидких и полужидких продуктов. Патент РФ № 2285246, Б.И., 2006, №28.
5. Саламандра Б.Л., Батырь Ф.И. и др. Роторный многоканальный дозатор жидких и полужидких продуктов. Патент РФ № 2474521, Б.И., 2013, №4.
6. www.ako-armaturen.de, дата обращения 01.05.2013г.