

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАСФАСОВКИ ЖИДКИХ ПРЕПАРАТОВ

И.Ш. Кадыров
КГТУ им. И. Раззакова

В статье рассматриваются конструкции полуавтоматических дозирующих устройств, реализованные с помощью шприц - дозатора и диафрагменного насоса и предназначенные для расфасовки биопрепаратов малыми дозами. Отмечается, что дозирующее устройство, основанное на диафрагменном насосе, обладает преимуществами, позволяющими производить лекарственные препараты большими партиями.

The construction of semi - automatic dosing devices, realizing with the help of syringe - dozator and diaphragm pump untended for packaging of biological products by small doses are considered in this article. The dosing device based on diaphragm pump possesses advantages allowing to produce medical products with the great batches.

Введение. Дозирующее устройство является основным элементом для автоматизации расфасовки жидких биопрепаратов в пенициллиновые флаконы или ампулы в условиях полупромышленного производства. Высокий темп работы дозирующего устройства, определяемый производительностью до 3600 циклов в час, требует выбора оптимальной конструкции дозатора. Соответствие его конструктивных и технических данных условиям работы полуавтоматического дозирующего устройства является необходимым требованием, выполнение которого обеспечивает заданную производительность с сохранением заданной точности при расфасовке вакцин малыми объемами.

Выбор конструкции дозатора осуществляется на стадии проектирования полуавтоматического дозирующего устройства. Этот этап требует особого внимания, ибо от правильного выбора конструкции дозатора зависит сложность электромеханической системы дозирующего устройства, тип, исполнение и мощность электродвигателя, управляемость электропривода и, в конечном счете, его производительность.

Цели и методы. Игольчатые шприц-дозаторы со съемными насадками являются наиболее распространенными видами дозатора, которые широко используются в ветеринарии для введения вакцин крупному рогатому скоту. Если в качестве насадки использовать безыгольный инъектор, то шприц-дозатор может применяться и для расфасовки жидких лекарственных препаратов малыми дозами (0,5 ÷ 5) мл.

Полуавтоматическое дозирующее устройство, основанное на шприц-дозаторе, показано на рис.1. В конструкцию такого дозирующего устройства входят стандартные элементы, такие как: шприц-дозатор 1, электрический двигатель 9 и кривошипно-шатунный механизм, состоящий из звеньев 5, 7. Все элементы полуавтоматического дозирующего устройства крепятся на

жесткой подложке, расположенной на основании корпуса, которая также предохраняет прибор от попадания жидких препаратов внутрь.

Полуавтоматическое дозирующее устройство на рис. 1 удобно в эксплуатации, так как для стерилизации дозатора достаточно снять насадку 3 с нагнетающим шлангом 11,

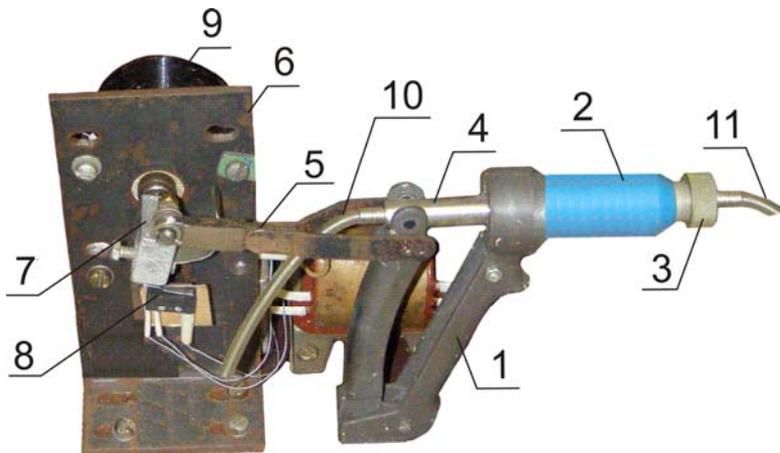


Рис.1. Общий вид полуавтоматического дозирующего устройства, основанного на шприц-дозаторе.

поршень со всасывающим шлангом 10 и корпус цилиндра 2. Цикл работы дозирующего устройства в полуавтоматическом режиме фиксируется с помощью конечного выключателя 8.

Полуавтоматическое дозирующее устройство в

исполнении рис. 1 представляет собой поршневой насос одностороннего действия, так как работает лишь одной своей стороной. Для определения момента сопротивления и мощности дозирующего устройства можно составить расчетную кинематическую схему, как показано на рис. 2. Если поршень приводится в движение от двигателя при помощи кривошипно-шатунного механизма (рис.2), то количество жидкости ($м^3 / ч$), фактически всасываемой и подаваемой насосом, определится выражением [1]:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 S 60 n \eta_0, \quad (1)$$

где n – число двойных ходов поршня в минуту; D – внутренний диаметр цилиндра; S – ход поршня; η_0 – объемный КПД.

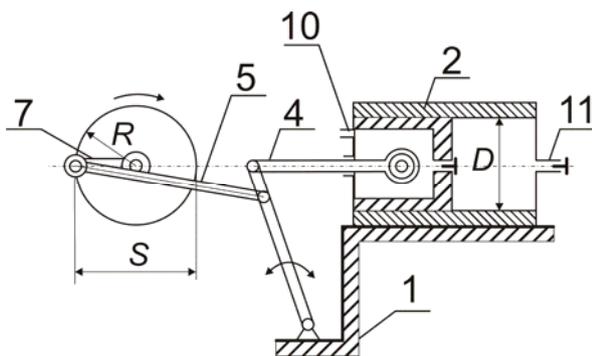


Рис.2. Кинематическая схема дозирующего устройства.

В подавляющем большинстве конструкции односторонних поршневых насосов обеспечивают неравномерное движение поршней, поэтому работа насоса сопровождается пульсациями момента сопротивления на его валу. В такте всасывания жидкости, т.е. при движении поршня влево, диаграмма момента на валу насоса (рис. 3) изменяется по синусоидальному закону:

$$M_{ст} = M_{ст,m} \sin \omega t, \quad (2)$$

где $M_{ст,m} = k S_{п} R_{п}$ – амплитудное значение момента сопротивления; k – коэффициент, зависящий от состава и консистенции биопрепарата; $S_{п}$ – площадь поршня; $R_{п}$ – радиус поршня.

А при движении поршня вправо происходит только подача жидких препара-

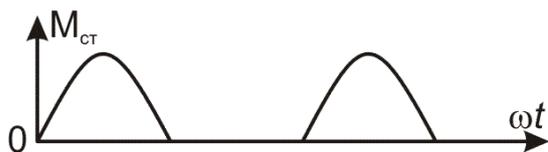


Рис.3. Изменение момента сопротивления на валу поршневого насоса.

тов во флаконы, поэтому диаграмма нагнетания изображается в виде прямой линии, совпадающей с осью абсцисс.

Мощность поршневого компрессора можно определить по теоретической индикаторной диаграмме (рис. 4). На рис. 4.

стрелками указаны направления движения поршня. При движении поршня влево (линия 4-1) всасывание происходит почти при неизменном давлении

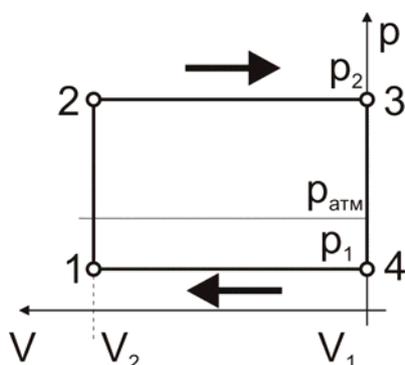


Рис.4. Индикаторная диаграмма поршневого насоса.

p_1 . В положении 1 поршень изменяет направление движения на обратное, всасывающий клапан закрывается, происходит увеличение давления до значения p_2 (линия 1-2), открывается напорный клапан, происходит подача при постоянном давлении p_2 (линия 2-3). В положении 3 поршень снова меняет направление, напорный клапан закрывается. Снижается давление до p_1 , открывается всасывающий клапан. В точке 4 цикл заканчивается.

Средняя за цикл мощность насоса определяется выражением:

$$P_{ст} = \frac{A_{инд} Q}{V_p \eta_n}, \quad (3)$$

где $A_{инд}$ — площадь, ограниченная индикаторной диаграммой, $V_p = V_2 - V_1$ — объем жидкости, всасываемый за цикл при давлении $p = p_1$; η_n — КПД насоса.

В результате проведенных расчетов по формулам (1-3) выбран однофазный конденсаторный асинхронный двигатель Д-32 мощностью 12 Вт, удовлетворяющей условию $P_{ном} \geq P_{ст}$. Номинальные данные двигателя: $P_{ном} = 12$ Вт; $M_{ном} = 1,58$ Нм; $n_{ном} = 72$ об/мин; $U_{\phi} = 127$ В; $f_c = 50$ Гц.

Результаты исследований. При разработке полуавтоматического дозирующего устройства выбор скорости двигателя определялся производительностью прибора, а мощность — моментом, необходимым для расфасовки биопрепаратов различных назначений.

Испытания, проведенные в лабораторных и производственных условиях, выделили несомненные преимущества дозирующего устройства, основными из которых являются простота конструкции и удобство в эксплуатации. Однако, эти же испытания выявили основной недостаток этой конструкции, заключающийся, прежде всего, в том, что момент на валу двигателя носит пульсирующий характер (рис.3). На основании экспериментальных исследований определены пределы изменения коэффициента $k = 1 \div 2,5$, который за-

висит от состава, консистенции раствора, условия расфасовки жидких биопрепаратов, которые существенно оказывают влияние на изменение максимального момента $M_{ст,м}$. В критических положениях кривошипно-шатунного механизма, когда статический момент достигает максимального значения, снижается динамический момент установки, движение поршня замедляется, уменьшается производительность прибора, увеличивается нагрев исполнительного двигателя, растет время цикла между операциями расфасовки. Циклический характер технологического процесса расфасовки биопрепаратов является причиной, когда исполнительный двигатель работает в неустановившемся режиме, связанный с частым пуском и торможением. Следовательно, двигатель работает все время в переходных процессах пуска и торможения, который сопровождается нагревом, причем выделяемая двигателем тепловая энергия рассеивается в самом двигателе. По условиям нагрева допустимая нагрузка двигателя при циклическом режиме выше, чем при длительном, поэтому перегрузочная способность исполнительного двигателя должна быть выше, чем у АД Д-32. По этой причине, разработанное полуавтоматическое устройство со шприц-дозатором может использоваться в производствах для расфасовки биопрепаратов малыми объемами.

В техническом задании на разработку полуавтоматического дозирующего устройства Федеральным государственным учреждением «Федерального центра охраны здоровья животных» (ФГУ «ВНИИЗЖ») Российской Федерации определена производительность до 3600 циклов час при непрерывной работе прибора в течение рабочего дня. Для реализации этого прибора необходимо использовать другой тип конструкции дозатора, например, дозатор, основанный на мембранном (диафрагменном) насосе. К преимуществам дозаторов этой конструкции относятся: простота конструкции с минимальным количеством составных частей, обеспечивающих надежность работы и не требующих обслуживания; устройство позволяет перекачивать биопрепараты различной консистенции и вязкости; отсутствуют уплотнители и сальники, за счет этого исключается утечка перекачиваемого материала.

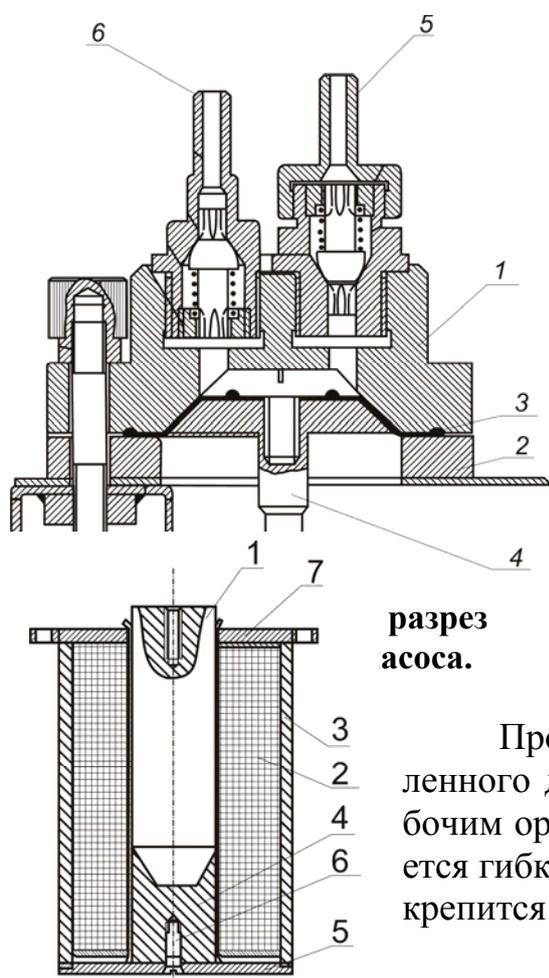


Рис. 6. Конструкция электромагнита броневого типа.

1. Мембрана изгибается под действием рычажного механизма, называемого штоком насоса 4, выполняющего роль поршня в поршневом насосе. При движении штока вниз по осевой линии мембрана, жестко соединенная со штоком, создает в рабочей камере разрежение. Золотник ниппеля открывается, перекачиваемая жидкость через ниппель 5 поступает в рабочую камеру насоса. В конце такта происходит автоматическое изменение движения штока на обратное. При этом внутренняя поверхность мембраны вытесняет перекачиваемую жидкость, которая через штуцер 6 поступает в напорную магистраль, то есть во флаконы или ампулы.

Для перемещения штока диафрагменного насоса используется электромеханическая система, состоящая из двух электромагнитов и коромысла, жестко соединенного со штоком насоса и якорями электромагнитов. Движителем насоса, сообщаящим необходимое усилие для перекачивания биопрепаратов, является электромагнитный механизм, состоящий из неподвижной намагничивающей катушки и подвижного якоря (рис. 6). Катушка электромагнита 2 устанавливается внутри ярма, представляющего собой цепь из металлического цилиндра 3, сердечника 4, закрепленного к основанию катушки 5 винтом 6, и фланца 7, которые вместе с подвижным якорем образует замкнутую цепь магнитопровода.

При подаче в катушку постоянного тока создается магнитное поле, которое намагничивает якорь электромагнита, стремящегося втянуться внутрь катушки. Тяговую силу, развиваемую электромагнитным механизмом в процессе всасывания и нагнетания биопрепаратов, приближенно можно рассчитать по, так называемой, энергетической формуле [2]:

$$F_T = -50(Iw)_\delta^2 \frac{dG_\delta}{d\delta}, \quad (\text{Н}) \quad (3)$$

где $(Iw)_\delta$ – намагничивающая сила, приходящаяся на рабочий воздушный зазор, A ;

G_δ – магнитная проводимость рабочего зазора, $Gн$;

δ – рабочий воздушный зазор, $м$.

Уточненные аналитические зависимости, пригодные для определения тяговой силы электромагнитов, приводятся в специальной литературе.

В конструкцию полуавтоматического дозирующего устройства, показанную на рис.7, входят следующие составные части и узлы: диафрагменный насос 2;

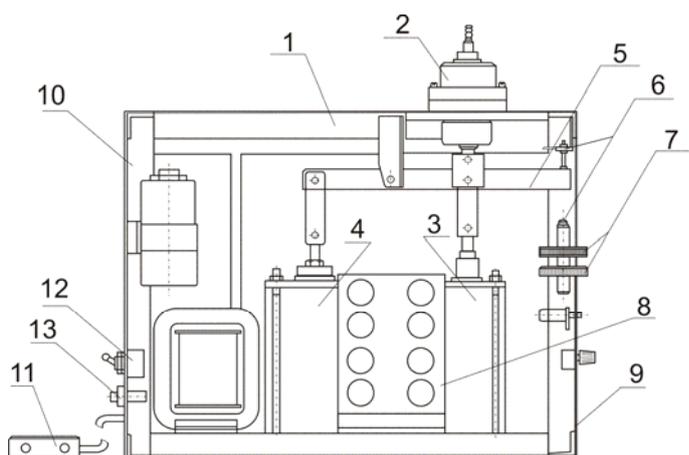


Рис. 7. Составные части и узлы дозатора жидкости.

насос 3; всасывающий 4 и нагнетающий 5 электромагниты; коромысло 6 с упорами 7; схема управления 8; панель управления 9 и защитный кожух 10. Все составные детали и узлы закреплены на несущем каркасе 1.

Работа однокамерного диафрагменного насоса обеспечивается поочередным включением

всасывающего и нагнетающего электромагнитов броневое типа, перемещающих шток с диафрагмой насоса посредством коромысла 5. Коромысло 5 в совокупности с упорами 6 и регулировочным диском 7 обеспечивает регулирование величины хода штока насоса и тем самым позволяет осуществлять корректировку объема разовой дозы.

На панели управления 1 (рис. 8) расположены следующие элементы управления и контроля: диски регулировки дозы 2; указатель объема разовой дозы 4; индикатор количества разовых доз в партии 7; кнопка набор числа доз в партии 5; кнопка «сброса» для обнуления индикаторов 6; ручка регулирования длительности паузы между порциями 10; регулировочный резистор установки тока всасывающего электромагнита 12; регулировочный резистор установки тока нагнетающего электромагнита 11.

Стенки защитного кожуха выполнены с вентиляционными отвер-

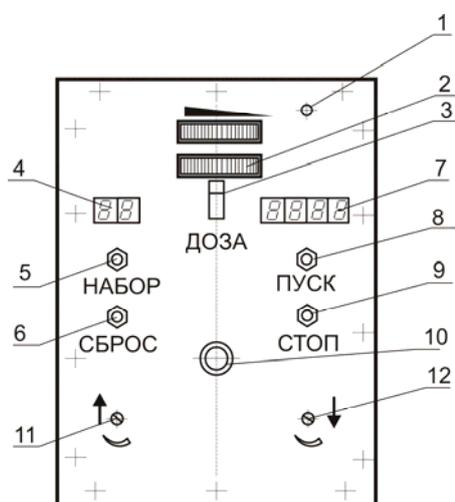


Рис.8. Панель управления дозатора.



Рис.9. Общий вид полуавтоматического дозирующего устройства.

ствиями и предназначены для защиты от прикосновения к токоведущим частям системы управления. На задней стенке корпуса установлены тумблер включения сетевого питания 12 и предохранитель 13. Органом управления дозатором является выносное старт-стопное устройство 11 (рис. 7).

Для стерилизации насоса необходимо отвернуть крепежные гайки 1 и снять корпус насоса 2 (рис. 9), отвернуть винт, прижимающий диафрагму к штоку и освободить диафрагму. Стерилизации подлежат: насос, диафрагма, прижимной винт и трубки со штуцеров.

Выводы. Разработанное полуавтоматическое дозирующее устройство ДВ-5 прошло испытание во Всероссийском научно-исследовательском институте защиты животных. В акте о внедрении, выданном ФГУ «ВНИИЗЖ», отмечено, что устройство:

- удовлетворяет требованиям, предъявляемым к аппаратам подобного типа, а по некоторым параметрам превосходит их, в частности, по производительности;
- обеспечивает высокий уровень точности в расфасовке биопрепаратов;

– позволяет выполнять плановые задание производства в указанные сроки.

Литература

1. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.
2. Таев И.С. Электрические аппараты управления. – М.: Высшая школа, 1969. – 444 с.