

**ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МЕМБРАННЫХ ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТОКА
ГИДРОЦИЛИНДРА.**

Джылкычиев Аскарбек Исаевич,
доктор технических наук, профессор,
профессор Кыргызско-Российского Славянского
университета имени Б.Н.Ельцина,
720049, г.Бишкек, Кыргызская Республика. *E-mail: a_jylkychiev@mail.ru*

Бекбоев Алтымыш Рысалиевич,
Кандидат технических наук,
доцент Кыргызского государственного технического
университета имени И.Раззакова,
720049, г.Бишкек, Кыргызская Республика. *E-mail: Rysalievich60@mail.ru*

Жылкычиев Мирлан Кубанычбекович,
старший преподаватель Кыргызского государственного университета
строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова,
720020, г.Бишкек, Кыргызская Республика. *E-mail: mzhylykychiev@inbox.ru*

**STUDIES OF STATIC CHARACTERISTICS OF MEMBRANE
CONTROLLING-CONTROLLING ELEMENTS OF A HYDROCYLINDER
STEM MOVEMENT SPEED CONVERTER.**

DZHYLKYCHIEV Askarbek Isaevich,
Doctor of Technical (Dr. Sci. (Tech.)),
Professor of Kyrgyz Russian Slavic University named after B.N.Yeltsin,
720049, Bishkek, Kyrgyz Republic. *E-mail: a_jylkychiev@mail.ru*

BEKBOEV Altymysh Rysalievich,
Candidate of Technical (Cand. Sci. (Tech.)),
assistant professor of Kyrgyz state technical university named after I.Razzakov,
720049, Bishkek, Kyrgyz Republic. *E-mail: Rysalievich60@mail.ru*

JYLKYCHIEV Mirlan Kubanychbekovich,
Assistant, Kyrgyz state university of construction, transport and
architecture named after N. Isanov,
Bishkek, Kyrgyz Republic
E-mail: mzhylykychiev@inbox.ru

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрено статические характеристики мембранных запорно-регулирующих элементов и для определения статических характеристик плоских и цилиндрических мембран было разработано и изготовлено специальное устройство, позволяющее фиксировать отклонение образующей мембраны при его деформации от первоначального положения. Проведены теоретические и экспериментальные исследования плоских и цилиндрических мембранных запорно-регулирующих элементов, получены результаты, построены графики зависимостей и сделаны выводы.

Ключевые слова: преобразователь, запорно-регулирующий элемент, плоская мембрана, цилиндрическая мембрана, гидроцилиндр.

ABSTRACT

This article discusses the static characteristics of membrane locking and regulating elements and to determine the static characteristics of flat and cylindrical membranes, a special device was developed and manufactured that allows you to record the deviation of the generatrix of the membrane when it is deformed from its original position.

Theoretical and experimental studies of flat and cylindrical membrane shut-off and control elements were carried out, results were obtained, dependency graphs were constructed and conclusions were drawn.

Key word: converter, locking and regulating element, flat membrane, cylindrical membrane, hydraulic cylinder.

Основным элементом, определяющим эффективность работы преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра, является мембранный запорно-регулирующий элемент, поэтому изучение зависимости перемещение мембраны под действием управляющих и возмущающих воздействий в процессе исследования математической модели преобразователя скорости перемещение является первостепенной задачей. В процессе математического моделирования преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра, мембранные запорно-регулирующие элементы были приняты без инерционными, поэтому их движение были описаны следующими алгебраическими уравнениями.

Перемещение центра мембраны при его деформации можно определить решением уравнения равновесия мембраны под действием давлений жидкости и собственной жесткости мембраны

$$z_1 = \frac{\pi d_m^2 (p_{\text{ши}} + p_{\text{уп}} - 2 p_{\text{упр}})}{55,42 C_m}, \quad (1)$$

где d_m – диаметр мембраны; $p_{\text{ши}}$ – давление жидкости в штоковой полости гидроцилиндра; C_m – собственная жесткость мембраны.

Радиальное перемещение середины образующей мембраны в процессе ее деформации определяется перепадом давления и значением обобщенной силы, действующей на мембрану.

$$z_m = \frac{\pi (d_m^2 - 2d_m \delta_m + \delta_m^2) [b_1 p_n + 0,5 b_2 (p_n + p_{\text{ш}}) + b_3 p_{\text{ш}} - b_m p_{\text{упр}}]}{4 \pi E b_m \delta} \quad (2)$$

Эти уравнения описывают зависимость перемещение мембран под действием управляющих и возмущающих воздействий, а также собственной жесткости мембраны.

К основным статическим характеристикам мембранного запорно-регулирующего элемента относятся зависимости, которые отражают влияние управляющего или возмущающего давлений на значение деформации мембраны. При исследовании статических характеристик гидравлических устройств зависимость одних параметров от других удобно представлять в безразмерном (универсальном) виде, значение которых определяются как отношение текущего значения параметра к его максимально возможному значению.

Зависимость изменения площади канала, по которой сообщаются входной и выходной каналы от перемещения разных видов запорно-регулирующих элементов в безразмерном виде представлена на рис.1. Как видно из представленных графиков у цилиндрического мембранного запорно-регулирующего элемента зависимость изменения площади канала от перемещения мембраны при его деформации имеет определенную нелинейность (кривая 1). В случае использования в качестве запорно-

регулирующего элемента плоской мембраны зависимость площади канала от перемещения мембраны становится линейной (прямая 2).

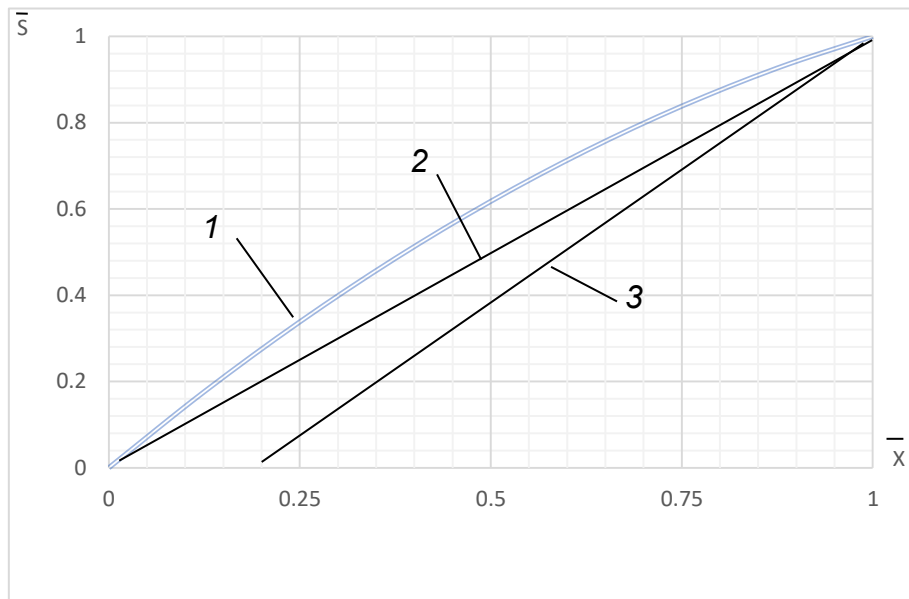


Рис 1. Зависимость площади канала, образованного при деформации мембранного запорно-регулирующего элемента

В связи с этим при небольших значениях расхода жидкости предпочтительнее использование плоских мембранных запорно-регулирующих элементов. В этом же графике для сравнения приведена эта же зависимость для реального золотникового запорно-регулирующего элемента (прямая 3). Из представленного графика видно, что золотниковый запорно-регулирующий элемент имеет зону нечувствительности. Что касается мембранных запорно-регулирующих элементов, то у них отсутствует зона нечувствительности и их характеристики становятся как у идеального запорно-регулирующего элемента. Поэтому мембранные запорно-регулирующие элементы обладают более высоким пределом чувствительности к управляющему сигналу.

К основным статическим характеристикам мембранных запорно-регулирующих элементов, используемых в гидроаппаратах, относятся [1,2] :

- гистерезис характеристик мембраны, определяемый временными и постоянными остаточными деформациями;
- упругие характеристики, представляющие собой зависимость между нагрузкой и линейным перемещением в процессе деформации;

- зависимость упругих характеристик мембраны от температуры рабочей жидкости;
- прочностные характеристики мембраны.

Для определения статических характеристик плоских и цилиндрических мембран было разработано и изготовлено специальное устройство, позволяющее фиксировать отклонение образующей мембраны при его деформации от первоначального положения. На рис. 2. представлена схема устройства для определения статической деформации плоской мембраны, а на рис.3. изображена схема устройства для определения статической деформации цилиндрической мембраны. В процессе эксперимента отклонение образующих измерялась при помощи индикатора часового типа по касанию с мембраной, при этом обеспечивалось точность замера в пределах 0,03 мм. Давление под мембраны подавалось ручным гидронасосом, а значение давления жидкости регулировалась манометром при помощи регулируемого дросселя. Перемещение корпуса, на которых закреплены мембраны относительно неподвижного индикатора осуществлялось при помощи суппорта токарно-револьверного станка с точностью 0,03 мм.

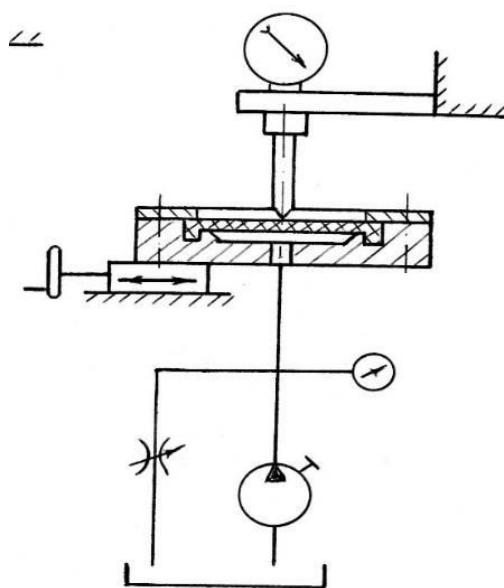


Рис. 2. Установка для определения статических характеристик плоского мембранного запорно-регулирующего элемента

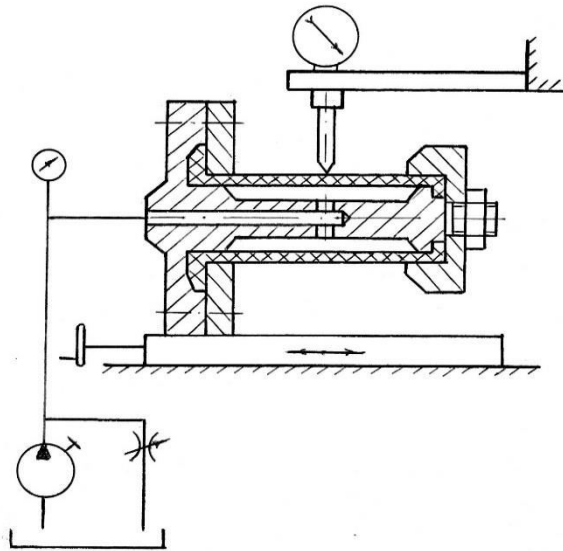
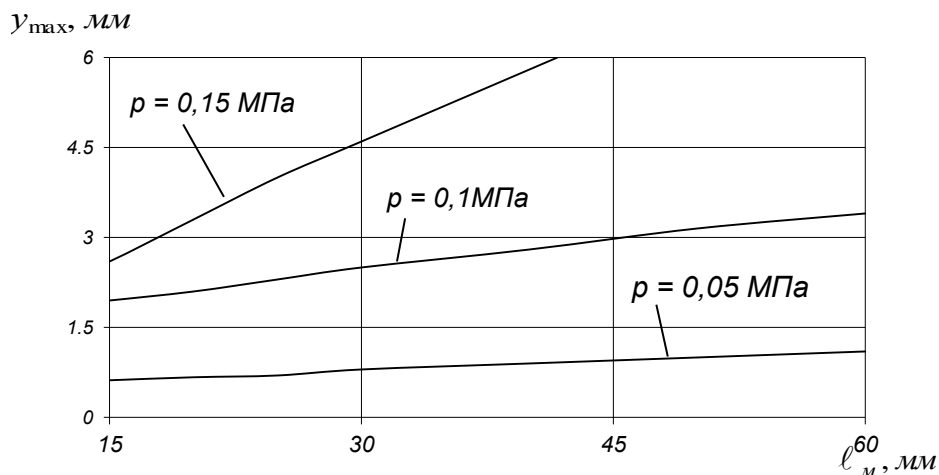


Рис. 3. Установка для определения статических характеристик цилиндрического мембранного запорно-регулирующего элемента

Определение влияния геометрических параметров мембраны на величину ее деформации проводились при фиксированных значениях подаваемого под мембрану давления. Для универсальности в безразмерных координатах на рис.4. представлена зависимость изменение характера деформация мембраны по длине образующей. По оси абсцисса отложено отношение текущей координаты к общей длине деформируемой части мембраны, а по оси ординат отложено отношение деформации мембраны в точке с координатами x к максимальной деформации мембраны.



Рис

. 4. Зависимость наибольшей деформации цилиндрической мембраны от длины ее деформируемой части

Обработка результатов замера деформации цилиндрической мембраны под действием давления жидкости, действующего изнутри показывает, что образующая деформированной мембраны может быть описана радиусом, значение которого можно аппроксимирована уравнением.

$$R = \frac{4 y_{\max}^2 + \ell_{.m}^2}{4 y_{\max}^2}, \quad (3)$$

где y_{\max} – максимальная деформация мембраны; $\ell_{.m}$ – длина деформируемой части цилиндрической мембраны;

Аналогично цилиндрической мембране, обработка результатов замеров аксиальной деформации плоской мембраны при фиксированных значениях управляющего давления показывает, что деформированная плоская мембрана образует шаровой сегмент с радиусом, значение которого может быть аппроксимирована зависимостью

$$R = \frac{4 z^2 + d_{.m}^2}{8 z}, \quad (4)$$

где z – величина деформации в центре мембраны; $d_{.m}$ – диаметр плоской мембраны.

По результатам обработки замеров были установлены зависимости наибольшей деформации цилиндрической мембраны от длины ее деформируемой части при фиксированных значениях давления действующего изнутри мембраны. Перекрытие мембранного цилиндрического запорно-регулирующего элемента при отсутствии возмущающего воздействия происходит при управляющем давлении от 0,05 до 0,112 МПа. В качестве примера на рис.5 представлены некоторые из полученных зависимостей наибольшей деформации цилиндрической мембраны от длины деформируемой части при фиксированных значениях управляющего давления для цилиндрической мембраны диаметром 30 мм и толщиной стенки 3 мм.

Одним из основных статических характеристик мембранных запорно-регулирующих элементов являются упругие характеристики мембраны. Упругие характеристики плоской мембраны определяются только жесткостью

упругих элементов, расположенных по образующей мембраны, а цилиндрической мембраны определяются жесткостью упругих элементов, расположенных вдоль образующей и по окружности.

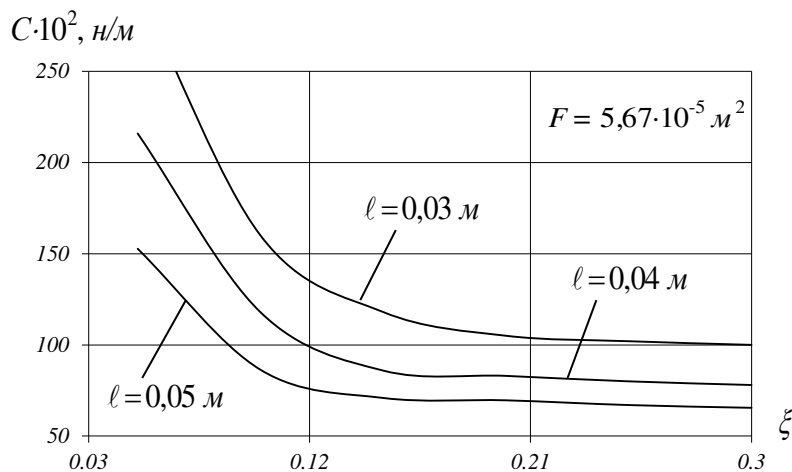


Рис. 5. Зависимость жесткости мембраны от относительной деформации

В процессе исследования математической модели преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра с мембранными запорно-регулирующими элементами необходимы данные о жесткости упругих элементов, расположенных по образующей и по окружности мембраны. Жесткость упругих элементов резинотехнических элементов может быть определен либо экспериментально, путем вырезания полос определенного поперечного сечения и растягивания их замера усилия растяжения, либо через расчетным путем исходя их характеристик материала мембраны. На рис.5. представлены некоторые результаты по определению жесткости материала мембраны при разной площади поперечного сечения и длине от относительной деформации.

Из представленных зависимостей (рис.5) видно, что жесткость материала мембраны определяется размерами поперечного сечения и длиной деформируемого участка мембраны. Для получения обобщенных о жесткости материала мембраны, необходимо значение, полученные при растяжении разделить на площадь поперечного сечения образца. В результате этого можно

получить данные о удельной жесткости материала из которого изготовлена мембрана или же жесткость приходящееся на единицу площади сечения испытываемого образца материала мембраны.

Для фиксированной длины деформируемого участка мембраны удельная жесткость материала мембраны позволяет расчетным путем определить жесткость материала мембраны любого сечения при такой длине.

Наряду с упругими характеристиками мембранных запорно-регулирующих элементов, их прочностные характеристики являются также определяющими при оценке надежности работы преобразователя в целом.

Анализ работ по оценке прочностных характеристик мембраны показывает, что для определения известны эмпирические зависимости сопротивления мембраны гидравлическому пробою от площади отверстия на ограничивающей поверхности перемещение и толщины самой мембраны [1,2]. Известная зависимость по определению сопротивления мембраны гидравлическому пробою имеет вид.

$$p_n = a d^c \delta^k, \quad (5)$$

где a – коэффициент, характеризующий сопротивление гидравлическому пробою материала мембраны в условиях двухосной неоднородной деформации при испытании на продавливание образца толщиной 1 мм через ячейку размером 1x1 мм и радиусом притупления 0,15 мм; d – диаметр отверстия на поверхности, ограничивающей перемещение мембраны; δ – толщина мембраны; c – относительное изменение величины давления на единицу диаметра отверстия;

p_n – сопротивление гидравлическому пробою мембраны; k – относительное изменение величины давления на единицу толщины мембраны.

Сопротивление гидравлическому пробою для разных значений диаметра отверстий и толщины мембраны, полученные расчетным путем с использованием уравнения (5), представлены на рис. 6. (кривая 1). Для этих же значений диаметра отверстий на ограничивающей перемещение мембраны

поверхности к толщине мембраны были определены сопротивление гидравлическому пробою мембраны экспериментально на специальном

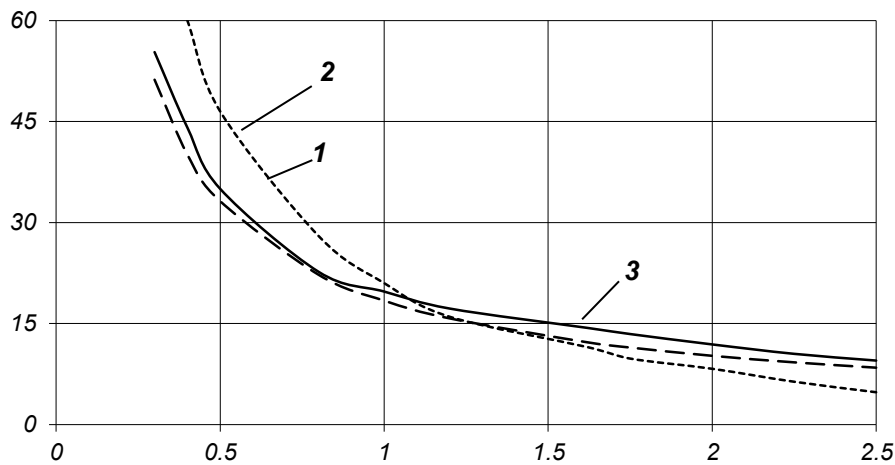


Рис. 6.
Зависимость сопротивления гидравлическому

пробою мембраны от отношения диаметра отверстия к толщине мембраны

устройстве. Принципиальная схема устройства для экспериментального определения сопротивления мембраны гидравлическому пробою изображена на рис. 7. Устройство включает в себя корпус в которой крышкой прижимается

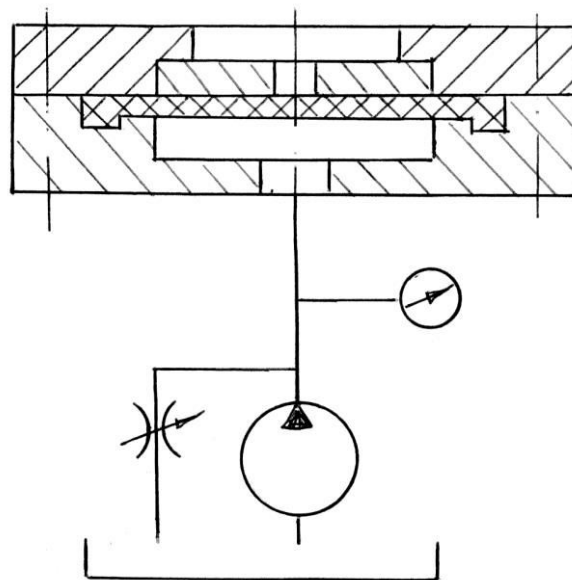


Рис. 7. Принципиальная схема устройства для испытания мембраны на сопротивление гидравлическому пробою

испытываемая мембрана. При этом с одной стороны мембраны подается жидкость под давлением из ручного гидронасоса, а с другой стороны мембраны

устанавливается сменная шайба с калиброванным отверстием. Давление жидкости подаваемого под испытываемую мембрану контролируется и регулируется, соответственно, манометром и регулируемым дросселем. Результаты экспериментальных исследований по определению сопротивления мембраны гидравлическому пробою представлены на рис.6 (кривая 2).

Оценка соответствия экспериментальных и расчетных данных по сопротивлению мембраны гидравлическому пробою показывает, что полученные результаты имеют удовлетворительную сходимость, которое наглядно видно из представленных графиков на рис. 6.

Рассмотренные выше статические данные характеризуют работу мембранных запорно-регулирующих элементов в установившемся режиме работы.

Таким образом, проведенные теоретические и экспериментальные исследования плоских и цилиндрических мембранных запорно-регулирующих элементов позволили установить основные статические характеристики и сделать следующие выводы:

- для мембран максимально допустимое давление определяется соотношением между диаметром отверстия на ограничивающей перемещение мембраны поверхности и толщины мембраны;

- упругие характеристики мембраны в основном определяются его относительной деформацией, длиной деформируемой части, модулем упругости при растяжении материала мембраны и управляющего давления;

- собственная жесткость плоской мембраны недостаточен для гарантированного перекрытия рабочих каналов, поэтому необходимо установка дополнительного прижимающего упругого элемента или изготовление плоской мембраны вогнутым или выпуклым.

Список литературы

1. Джылкичиев А.И. Технология и оборудование для производства изделий полусухим способом формования. Бишкек, 2001. 245 с.

2. Крамский Э.И. Устройства и элементы гидроавтоматики. Л.: Лениздат. 1978. 345 с.