



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ**

**им. Н.ИСАНОВА**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**им. Б.Н. ЕЛЬЦИНА**

Диссертационный совет Д 05.17.553

На правах рукописи

**УДК 531.391.2+625.08+691.5 (043.3)**

**ЖЫЛКЫЧИЕВ МИРЛАН КУБАНЫЧБЕКОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТОКА  
ПРЕССУЮЩЕГО ГИДРОЦИЛИНДРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Специальность 05.05.04 — дорожные, строительные и подъемно-  
транспортные машины

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Бишкек 2018**



Работа выполнена на кафедре «Организация перевозок и безопасности движения» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

**Научный руководитель:**

кандидат технических наук, доцент  
**Бекбоев Алтымыш Рысалиевич,**  
проректор по АХР КГТУ  
им. Раззакова

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор  
**Кульгильдинов Мурат Сапарбекович,**  
заведующий кафедрой «Автомобили,  
дорожная техника и стандартизация»  
КазАТКим. М. Тынышпаева

кандидат технических наук, доцент  
**Мелис уулу Данислан,**  
директор института международного  
и дистанционного образования  
КНАУ им. Скрябина

**Ведущая организация:**

Иссык–Кульский государственный  
университет им. К. Тыныстанова  
по адресу: 722360, г. Каракол,  
ул. Абдрахманова, 103

Защита состоится \_\_\_\_\_ 2018 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 05.17.553 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. А. Малдыбаева, 34, б., ауд.1/101, [www.ksucta.kg](http://www.ksucta.kg).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. А. Малдыбаева, 34, б.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 года.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 05.17.553

к.т.н., доцент

Маданбеков Н.Ж.



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность диссертационной работы.** Благодаря неоспоримым преимуществам гидравлический привод получил широкое применение в системах управления на всех машинах и оборудованях. Гидравлический привод по сравнению с другими видами (пневматический, электрический и механический) приводов обладает такими преимуществами как: надежное предохранение от перезагрузок, независимое расположение исполнительных механизмов относительно источника гидравлического питания и многими другими. Большинство машин и оборудований с гидравлическим приводом относятся к машинам и оборудованиям циклического действия.

В гидравлических прессовых оборудованях эффективность использования мощности привода можно оценить через коэффициент использования номинального давления гидронасоса, определяемого как отношение времени работы пресса в течение цикла на номинальном давлении к общей продолжительности цикла. Наибольшая степень эффективности использования мощности в гидравлических прессовых оборудованях достигается, когда коэффициент использования мощности номинального давления стремится к единице. А одним из особенностей таких машин и оборудований циклического действия является то, что в течение одного рабочего цикла привод на полной мощности работает лишь 10 – 15 % времени от общей продолжительности цикла. Это означает, что в течение оставшихся 85 - 90% времени продолжительности цикла, средняя потребляемая мощность не превышает 50 – 60% от установочной мощности привода. В результате эффективность использования мощности привода таких машин и оборудований очень низкая.

Стремление к повышению удельной производительности машин и оборудований с гидравлическими приводами, определяемое как отношение производительности машин и оборудований к их мощности привода, приводит к необходимости использования гидронасосов с регулируемым расходом, т.е. с регулятором мощности. Однако в прессовых оборудованях для производства строительных изделий полусухим способом формования малой мощности стоимость гидронасосов с регулятором мощности становится соизмеримой со стоимостью самих машин и оборудований, на которые планируются установка гидронасосов с регулятором расходов.

Исходя из вышеизложенного, настоящая работа является актуальной и направлена на исследование и разработку гидроаппарата в системе гидравлического управления с целью повышения эффективного использования мощности привода на машинах и оборудованях с гидравлическим приводом.

**Цель работы** – разработка и обоснование параметров преобразователя скорости перемещения штока исполнительных гидроцилиндров рабочих органов гидрофицированных машин и оборудований.



### **Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

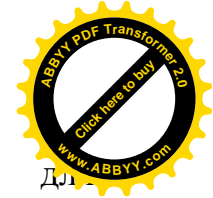
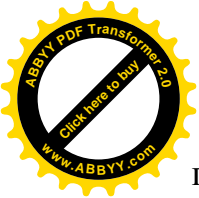
- формулирование требований, предъявляемых к гидроаппарату, обеспечивающих двухскоростной режим работы исполнительного гидроцилиндра;
- разработка принципиальной схемы и конструкции преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров, отвечающим предъявляемым к нему требованиям;
- разработка математических моделей мембранного запорно-регулирующего элемента и процесса работы преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров в составе гидравлического привода прессового оборудования;
- проведение теоретических и экспериментальных исследований преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров и обоснование его основных параметров;
- разработка инженерной методики расчета и проектирования преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров.

### **Научная новизна полученных результатов:**

- разработан принципиально новый гидроаппарат, представляющий собой двухлинейный, двухпозиционный, гидрорегулируемый гидрораспределитель, обеспечивающий при постоянном расходе источника гидравлического питания двухскоростной режим движения штоков исполнительных гидроцилиндров.
- разработаны математические модели преобразователей скорости перемещения штока гидроцилиндров с плоскими и цилиндрическими запорно-регулирующими элементами;
- получены зависимости, устанавливающие влияние конструктивных и гидравлических параметров преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра на его статические и динамические характеристики;
- разработана инженерная методика расчета и проектирования основных параметров преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с плоскими и с цилиндрическими мембранными запорно-регулирующими элементами.

**Достоверность научных положений, рекомендаций и выводов,** предложенных в работе, подтверждены результатами теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов и результатами производственных испытаний преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра в системе гидравлического управления прессовым оборудованием для производства строительных изделий полусухим способом формования.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в разработке, создании и внедрении в производство преобразователя скорости



перемещения штока прессующего гидроцилиндра оборудования для производства строительных изделий и в разработанных и созданных пресс-формах для формования плоских и цилиндрических мембран.

**Экономическая значимость** использования преобразователя скорости перемещения штока прессующего гидроцилиндра в гидравлической системе управления прессового оборудования позволяет за счет сокращения продолжительности рабочего цикла увеличить производительность оборудования на 22%. Годовой экономический эффект от применения преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра – 248,184 тыс. сомов.

Экономический эффект подтвержден актами внедрения.

#### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- принципиальная схема и конструктивное исполнение преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с плоскими и цилиндрическими мембранными запорно-регулирующими элементами;

- расчетные схемы и математические модели преобразователей скорости перемещения штока гидроцилиндра с плоскими и цилиндрическими мембранными запорно-регулирующими элементами;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований статических и динамических характеристик преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра

- инженерная методика расчета основных параметров преобразователя скорости перемещения штока прессующего гидроцилиндра прессового оборудования для производства строительных изделий полусухим способом формования.

**Личный вклад соискателя.** Соискателем обоснована актуальность создания преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра, сформулированы цель и задачи исследования, исходя из конструктивной особенности преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра и в проведении теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию параметров преобразователя.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и республиканских научно-технических конференциях: международной научно-практической конференции «Инновации в области строительства транспортных сооружений: становление, проблемы, перспективы» (г. Бишкек, 2016г.), Журнал «UNIVERSUM: технические науки» №5 (26) (Москва, 2016 г.), XII международной научно-практической конференции «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке» (СибАК Новосибирск, 2017 г.), научно-практической конференции «Информационные технологии в Азии: состояние, проблемы и перспективы ИТРА-2014» (г. Бишкек, 2014г.), на XI международной научно-практической конференции (Новосибирск, 2016 г.).



**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 5 научных работ и получены 4 патента Кыргызской Республики на изобретение (Пат. №1929 КР., Пат. № 1767 КР., Пат. №1969 КР., Пат. №1971 КР.), в том числе 3 статьи опубликованы в зарубежных научных изданиях, включенные в наукометрическую базу данных РИНЦ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 127 страниц машинописного текста, в том числе 2 таблиц, 35 рисунка, библиография включает 123 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

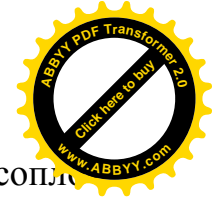
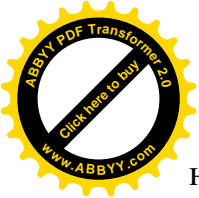
**Во введении** обоснована актуальность, цели, задачи исследований и основные положения, выносимые на защиту, отражена научная новизна и практическая ценность.

**В первой главе** проведен обзор и анализ способов повышения эффективности использования мощности гидравлического привода прессовых оборудований для производства строительных изделий полусухим способом формования. Рассмотрены вопросы, связанные с использованием гидроаппаратов с мембранными запорно-регулирующими элементами и проведен сравнительный анализ с жесткими запорно-регулирующими элементами. Одним из наиболее простых способов повышения эффективности использования установочной мощности гидравлического привода является использование двухпоточной системы гидравлического питания и использования гидронасосов с регулятором мощности. В тоже время использование гидронасосов с регулятором мощности или двухпоточной системы гидравлического питания в прессовых оборудованиях для производства строительных изделий полусухим способом формования малой мощности неприемлема, так как стоимость становится соизмеримой со стоимостью самих оборудований, на которые планируются установка. Поэтому для обеспечения двухскоростного режима движения штоков исполнительных гидроцилиндров разработан принципиально новый гидроаппарат, представляющий собой двухлинейный, двухпозиционный, релейный, гидроуправляемый гидрораспределитель, обеспечивающий при постоянном расходе источника гидравлического питания двухскоростной режим движения штоков исполнительных гидроцилиндров.

Все гидроаппараты, используемые в современных гидрофицированных машинах и оборудованиях включают в себя жесткие запорно-регулирующие элементы, которые непосредственно, в зависимости от функционального назначения гидроаппарата, осуществляют регулирование того или иного параметра.

Анализ конструкций современных гидроаппаратов показывает, что в основном используются жесткие запорно-регулирующие элементы, которые, в свою очередь, в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются





на: крановые, клапанные, золотниковые, со струйной трубкой и «сопли заслонка». Недостатки гидроаппаратов с жесткими запорно-регулирующими элементами как сложность и трудоемкость изготовления прецизионных пар, склонность к защемлению из-за облитерационного залипания, возможность заклинивания прецизионных пар из-за твердых частиц, находящихся в рабочей жидкости, ограниченное быстродействие, обусловленное инерционностью подвижных элементов жесткого запорно-регулирующего элемента и силами трения в прецизионной паре, высокие требования к качеству фильтрации рабочей жидкости и другие. Эти недостатки сдерживают в определенной мере дальнейшее совершенствование гидроаппаратов с жесткими запорно-регулирующими элементами.

В связи с этим в процессе разработки и создания преобразователя скорости перемещения штоков гидроцилиндров, в качестве запорно-регулирующего элемента использован плоский и цилиндрический мембранный запорно-регулирующий элемент, которому свойственны ряд преимуществ по сравнению с традиционными жесткими запорно-регулирующими элементами.

В разработку и созданию гидроаппаратов с мембранными запорно-регулирующими органами внесли вклад работы, выполненные Алексеевой Т.В., Шерманом.Б., Кириковым Р.П., Загвоздиным Ю.Г., Джылкичиевым А.И. Кузиком В.Л., Власовым В.М., Пономаревой О.М. и другие.

**Во второй главе** описаны устройство и принцип работы преобразователя, а также математическое моделирование процесса работы преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров с плоскими и цилиндрическими мембранными запорно-регулирующими элементами.

При постоянном расходе источника гидравлического питания двухскоростной режим движения штоков исполнительных гидроцилиндров обеспечивает за счет дифференциального (одновременное подключение поршневой и штоковой полости к источнику гидравлического питания) и обычного подключения исполнительных гидроцилиндров через гидрораспределитель их управления. Такая система управления исполнительными гидроцилиндрами позволяет при фиксированном расходе источника гидравлического питания машины или оборудования обеспечивает сокращение продолжительности рабочего цикла за счет увеличения скорости перемещения штоков гидроцилиндров в процессе дифференциального подключения к гидрораспределителю их управления. При этом переключение гидроцилиндра из дифференциальной схемы подключения в обычное, и обратно, осуществляется преобразователем скорости перемещения штоков гидроцилиндров автоматически, в зависимости от величины нагрузки на штоке гидроцилиндра и соответствующего давления в гидросистеме.

Конструктивно преобразователь скорости перемещения штоков гидроцилиндров представляет собой двухпозиционный, четырехлинейный гидрораспределитель и устанавливается между гидроцилиндром и гидрораспределителем его управления (Рис.1)

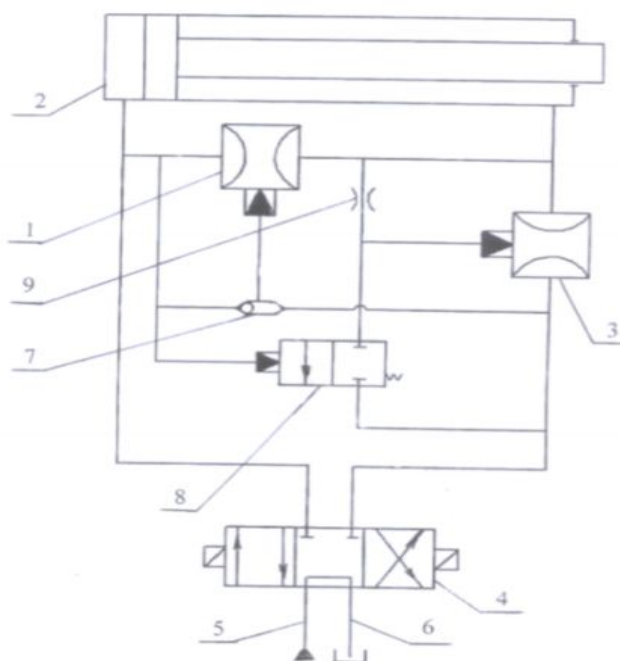


Рис. 1. Принципиальная гидравлическая схема преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра:

1 – 3 - гидроуправляемые дроссели, 2 - исполнительный гидроцилиндр, 4 - гидрораспределитель, 5 – 6 - напорный и сливной канал, 7 - логический клапан «ИЛИ», 8 - гидроуправляемый двухлинейный двухпозиционный гидрораспределитель, 9 - постоянный дроссель.

На рис. 1 представлена принципиальная гидравлическая схема преобразователя скорости перемещения штоков гидроцилиндров. Преобразователь скорости перемещения штоков гидроцилиндров включает в себя мембранный гидроуправляемый дроссель 1, соединяющий поршневую и штоковую полости гидроцилиндра 2 между собой, мембранный гидроуправляемый дроссель 3, соединяющий штоковую полость гидроцилиндра 2 с одним из двух рабочих каналов гидрораспределителя 4, второй рабочий канал, которого сообщен с поршневой полостью гидроцилиндра 2, напорный 5 и сливной 6 каналы, соединенные соответственно с источником гидравлического питания и сливом, логический клапан «ИЛИ» 7, входы которого сообщены с рабочими каналами гидрораспределителя 4, а выход соединен с управляющей полостью мембранного гидроуправляющего дросселя 1, гидроуправляемый двухлинейный двухпозиционный гидрораспределитель 8, который сообщает вход и выход мембранного гидроуправляемого дросселя 3 между собой, а управляющая полость гидрораспределителя 8 соединена с поршневой полостью гидроцилиндра 2, и постоянный дроссель 9, установленный на гидролинии, сообщающий гидрораспределитель 8 со штоковой полостью гидроцилиндра 2, при этом управляющая полость мембранного гидроуправляемого дросселя 3 соединена к гидролинии, соединяющей постоянный дроссель 9 и гидрораспределитель 8.



Для решения задач анализа и синтеза мембранных гидроаппаратов целью выбора оптимальных значений параметров на стадии технического проектирования, необходимо располагать описанием поведения мембранного запорно-регулирующего элемента в зависимости от суммы действующих на него сил (управляющих и возмущающих). Это позволяет осуществить теоретические исследования гидроаппаратов с мембранными запорно-регулирующими элементами. При составлении математической модели процесса работы гидроаппарата с мембранными запорно-регулирующими элементами невозможно добиться абсолютного подобия физическому оригиналу из-за сложности процессов и невозможности учета всех факторов. Поэтому процесс математического моделирования может быть упрощен, если рассматриваемую динамическую систему условно разделить на более простые подсистемы в соответствии с их функциональным назначением.

При математическом моделировании приняты некоторые, общепринятые при расчете гидравлического привода, допущения, которые не вносят существенных изменений.

В соответствии с принятыми допущениями расчетные схемы преобразователя скорости представлены на рис. 2.

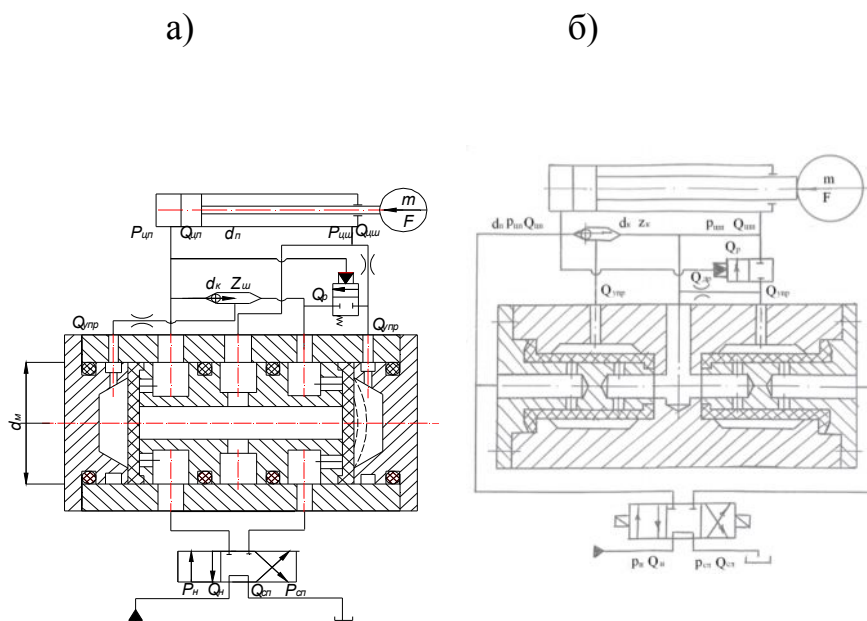
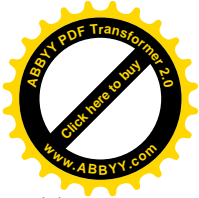


Рис. 2. Расчетные схемы преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра с плоскими (а) и цилиндрическими (б) мембранными запорно-регулирующими элементами

Согласно представленной расчетной схемы, внешняя нагрузка на штоке приложена в виде изменяющаяся функции  $F$  и массы  $m$ .

Уравнение динамического равновесия сосредоточенной массы  $m$ , можно записать в виде:



$$m\ddot{x} + k\dot{x} + F \operatorname{sign} x + \frac{\pi d_1^2}{4} p_{\delta 1} + \frac{\pi (d_1^2 - d_{\delta}^2)}{4} p_{\delta \emptyset} = 0, \quad (1)$$

где  $m$  – приведенная к штоку гидроцилиндра масса;  $\ddot{x}, \dot{x}, x$  – соответственно ускорение, скорость и перемещение сосредоточенной массы  $m$ ;  $k$  – коэффициент вязкого сопротивления при перемещении штока гидроцилиндра;  $F$  – внешнее сопротивление на штоке гидроцилиндра;  $d_{\text{п}}$  – диаметр поршня гидроцилиндра;  $d_{\text{ш}}$  – диаметр штока гидроцилиндра;  $p_{\text{цп}}$  – давление жидкости в поршневой полости гидроцилиндра;  $p_{\text{цш}}$  – давление жидкости в штоковой полости гидроцилиндра.

Движущая сила на штоке гидроцилиндра определяется значением давлений в поршневой полости, которое определяется решением следующего уравнения:

$$p_{\text{цп}} = \frac{(4Q_{\text{цп}} - \pi d_{\text{п}}^2 \dot{x}) E_{\text{жс}}}{4V_{\text{тр}} + \pi d_{\text{п}}^2 x}, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{ц}}$  – расход жидкости поступающей в поршневую полость гидроцилиндра;  $E_{\text{жс}}$  – объемный модуль упругости жидкости;  $V_{\text{тр}}$  – объем рабочей жидкости в трубопроводе от гидрораспределителя до гидроцилиндра и в полостях преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра.

Расход жидкости, поступающий в поршневую полость гидроцилиндра, определяется следующей зависимостью:

$$Q_{\text{цп}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{кл}} - Q_{\text{упр}} - Q_{\text{мзэ}}, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{н}}$  – фактический расход жидкости гидронасоса;  $Q_{\text{кл}}$  – расход жидкости, затрачиваемый на переключение логического клапана;  $Q_{\text{упр}}$  – расход жидкости, затрачиваемый на включение распределителя управляющего каскада;  $Q_{\text{мзэ}}$  – расход жидкости перетекающий через мембранный запорно-регулирующий элемент.

Расход жидкости через мембранный запорно-регулирующий элемент определяется зависимостью:

$$Q_{\text{мзэ}} = S \mu \sqrt{2(p_{\text{ш}} - p_{\text{н}}) / \rho}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь сечения канала, образованного при открытии плоского мембранного запорно-регулирующего элемента;  $\mu$  – коэффициент расхода жидкости;  $p_{\text{ш}}$  – давление жидкости в штоковой полости гидроцилиндра;  $\rho$  – плотность рабочей жидкости.

Площадь сечения канала, образованного при открытии мембраны определяется решением уравнения движения мембраны:

$$S = \left[ \frac{z_1 - (R - R \cos \alpha)}{\cos \alpha} \right] \pi (0,5 d_1 + R \sin \alpha), \quad (5)$$

где  $z_1$  – перемещение центра мембраны при его деформации;  $R$  – радиус кривизны мембраны при его деформации;  $\alpha$  – угол между образующими

сектора при деформации мембраны;  $d_l$  – диаметр осевого отверстия на втулке основного каскада преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра.

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

$$z_1 = \frac{\pi d_i^2 (\delta_{\delta\delta} + \delta_{\delta i} - 2 \delta_{\delta i\delta})}{55,42 \tilde{N}_i}, \quad (6)$$

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

Для определения площади поперечного сечения канала, образованного при радиальной деформации цилиндрической мембраны под действием давления жидкости разработана расчетная схема, в которой представлена эпюра действующих сил на мембрану и его эквивалентная схема (рис. 3).

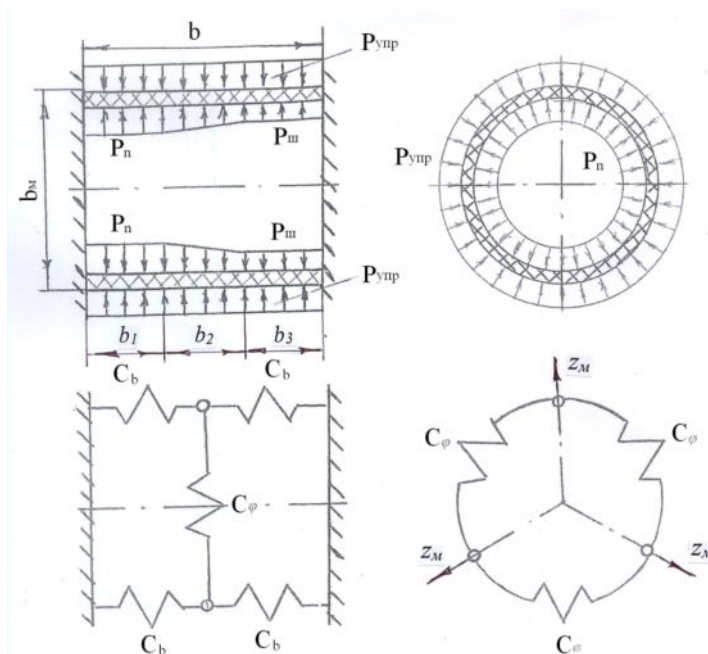


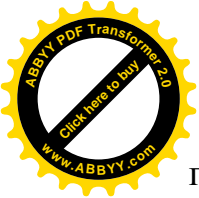
Рис. 3. Эпюра действующих сил на цилиндрическую мембрану и ее эквивалентная схема

В соответствии с представленной расчетной схемой площадь сечения канала, образованного при деформации мембраны определяется диаметром мембраны и радиальным перемещением его середины длины образующей в процессе деформации:

$$S = z_m \pi (d_m - z_m), \quad (7)$$

где  $z_m$  – радиальное перемещение середины длины образующей мембраны при его деформации;  $d_m$  – наружный диаметр мембраны.

Таким образом, разработанная математическая модель системы управления исполнительным гидроцилиндром при помощи преобразователя скорости перемещения штока позволяет численно исследовать влияние



гидравлических и конструктивных параметров преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра на его статические и динамические параметры, а также оценить степень повышения эффективности использования мощности гидравлического привода, оснащенного данным гидроаппаратом.

**Третья глава** посвящена теоретическому исследованию и методике исследования математической модели преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с мембранными запорно-регулирующими элементами.

Для исследования математической модели преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров с мембранными запорно-регулирующими элементами была разработана специальная программа на языке ТУРБО-ПАСКАЛЬ. Разработанная программа позволяет исследовать систему дифференциальных и алгебраических нелинейных уравнений, описывающих зависимость между геометрическими параметрами преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра и гидравлическими (давление, расход и др.) параметрами для определения им оптимальных значений.

Методика исследования математической модели преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров заключалась в следующем:

- формирование базы исходных данных, характеризующих геометрических, гидравлических и физических параметров преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров, начальные условия для возможных режимов его работы;

- определение параметров, обеспечивающих требуемых статических и динамических характеристик преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров.

Полученные результаты в процессе исследование математической модели преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра, позволили установить диапазоны варьируемых параметров системы и сгруппировать геометрические и гидравлические параметры, входящие в математическую модель, на существенные и не существенные. Например, выявлено, что на характер переходного процесса существенное влияние оказывает жесткость материала цилиндрической мембраны, в тоже время этот параметр меньшее влияние оказывает для плоской мембраны. Это связано с тем, что при одинаковом значении деформации плоской и цилиндрической мембраны, у цилиндрической мембраны образующая подвергается большему удлинению, чем у плоской мембраны.

Таким образом, разработанная методика расчета и исследования математической модели преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра позволяет решить задачи его синтеза и анализа, с целью определения оптимальных соотношений параметров, для любых типоразмеров преобразователя и разработать инженерную методику расчета определения основных параметров.

Для определения статических характеристик плоских и цилиндрических мембран было разработано и изготовлено специальные устройства, позволяющее фиксировать отклонение образующей мембраны при его деформации от первоначального положения (рис.4). Результатами

исследования являются полученные диаграммы зависимостей упругих характеристик от относительной деформации цилиндрической мембраны.

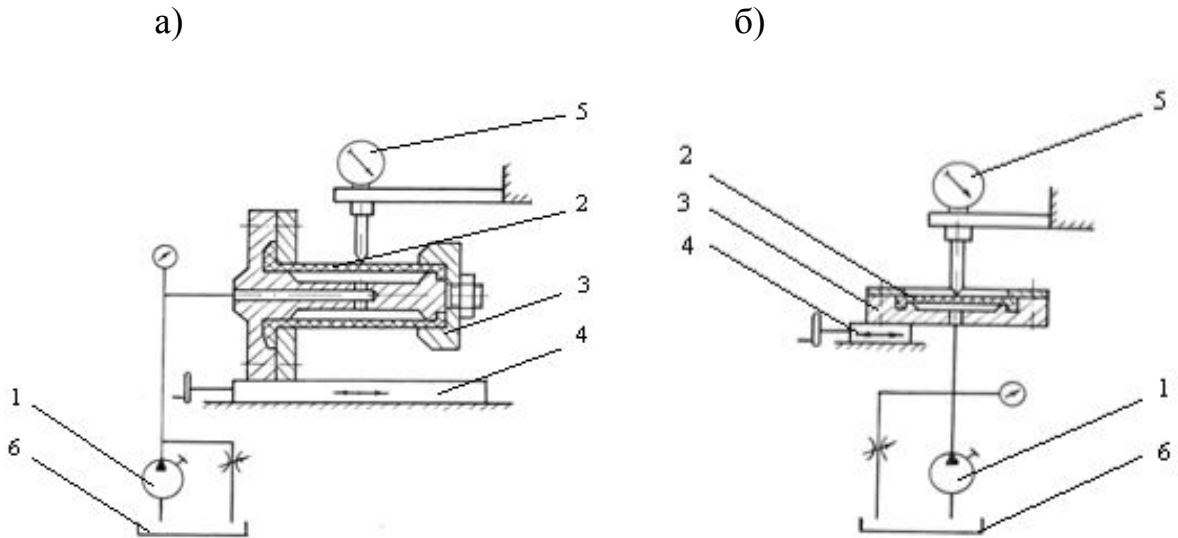


Рис.4 Установки для определения статических характеристик плоского (а) и цилиндрического (б) мембранного запорно-регулирующего элементов: 1- ручной гидронасос, 2 - плоская и цилиндрическая мембрана, 3 -корпус на которых закреплены мембраны, 4 - суппорта токарно-револьверного станка, 5 - индикатора часового типа, 6 - гидробак.

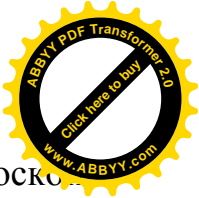
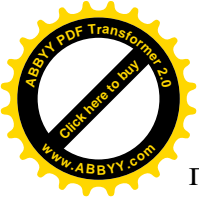
При обработке результатов замера деформации цилиндрической мембраны под действием давления жидкости, действующего изнутри, показывает, (рис.5) что образующая деформированной мембраны может быть описана радиусом, значение которого можно аппроксимирована уравнением:

$$R = \frac{4 y_{\max}^2 + \ell_m^2}{4 y_{\max}^2}, \quad (8)$$

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:

$$R = \frac{4 z^2 + d_m^2}{8 z}, \quad (9)$$



где  $z$  – величина деформации в центре мембраны;  $d_m$  – диаметр плоской мембраны.

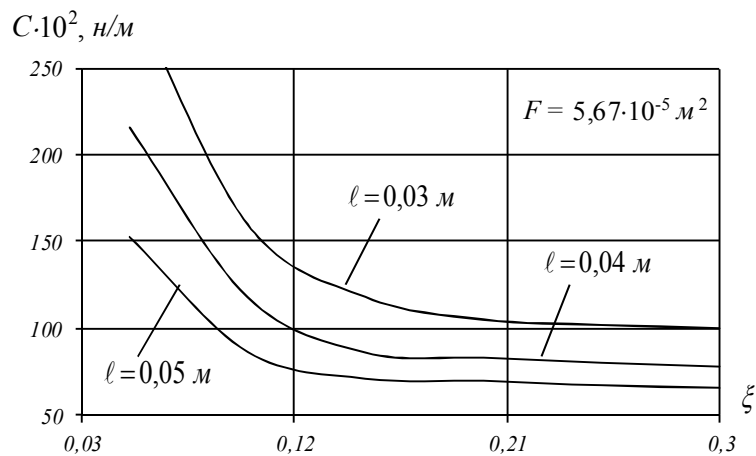


Рис. 5. Диаграмма зависимостей упругих характеристик от относительной деформации цилиндрической мембраны

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. Известная зависимость по определению сопротивления мембраны гидравлическому пробою имеет вид.

$$p_n = a d^c \delta^k, \quad (10)$$

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;  $\delta$  – 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.



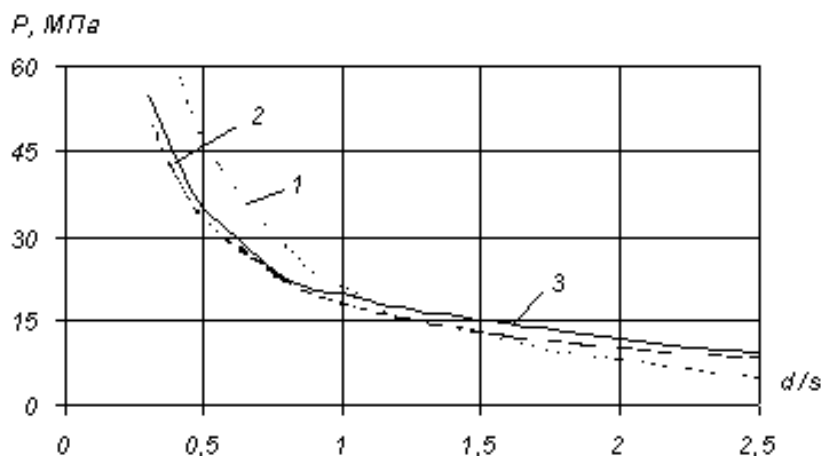


Рис. 6. Зависимость сопротивления гидравлическому пробою мембраны от соотношения диаметра отверстия к толщине мембраны

Сопротивление гидравлическому пробою для разных значений диаметра отверстий и толщины мембраны, полученные расчетным путем с использованием уравнения 10, 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 устройстве. Принципиальная схема устройства для экспериментального определения сопротивления мембраны гидравлическому пробою изображена на рис. 7.

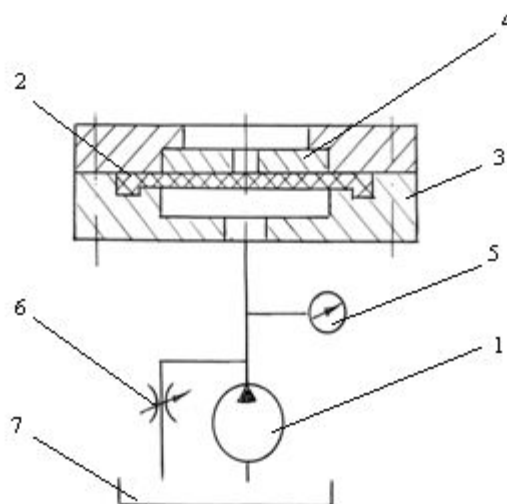
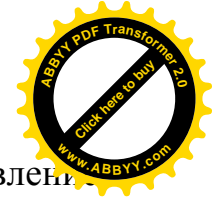
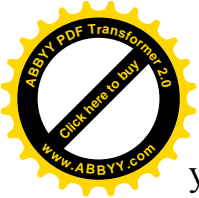


Рис. 7. Принципиальная схема устройства для испытания мембраны на сопротивление гидравлическому пробою:

1- ручной гидронасос, 2 - плоская мембрана, 3 - корпус крышка на которой закреплена мембрана, 4 - сменная шайба с калиброванным отверстием, 5 - манометр, 6 - регулируемый дроссель, 7 - гидробак

Устройство включает в себя корпус, в которой крышка прижимает испытываемую мембрану. 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 расчетных и экспериментальных данных показывает, что расчетные данные, полученные по уравнению (10) имеют расхождение, которое увеличивается с уменьшением отношения диаметра отверстия к толщине мембраны. Кроме этого, для расчета сопротивления гидравлическому пробою по эмпирическому уравнению (10) необходимо для каждого вида материала мембраны на основе обработки экспериментальных данных определять значения коэффициентов уравнения. В связи с этим на основе обработки результатов экспериментальных исследований предложено более простое эмпирическое уравнение:

$$p_n = a \left( \frac{d}{s} \right)^{-\frac{m}{n}} \quad (11)$$

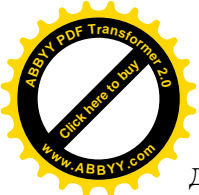
где  $a$  - постоянный коэффициент;  $d$  - диаметр отверстия на ограничивающей перемещение мембраны поверхности;  $s$  - толщина мембраны;  $m/n$ -показатель степени.

Расчетные данные сопротивления гидравлическому пробою для тех же исходных данных, которые были использованы при расчете по уравнению (11) и при экспериментальных исследованиях представлены на рис.6 (кривая 3). Из представленных графиков видно, что наибольшую схожесть теоретических и экспериментальных результатов сопротивления гидравлическому пробою мембраны имеют данные полученные по уравнению (11) Уравнение (11) проще, чем уравнение (10) и удобно для практического применения.

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

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.

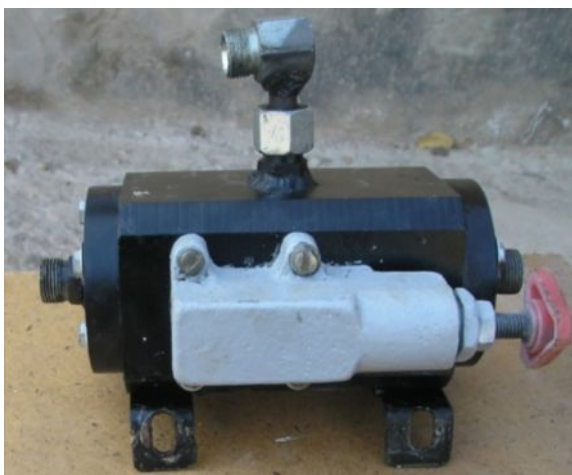
**В четвертой главе** представлена разработанная инженерная методика расчета основных параметров преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра, производственные испытания прессового оборудования для производства строительных изделий с преобразователем скорости перемещения штока, прессующего гидроцилиндра и технико-экономическое обоснование преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра.

Принципиальная новизна конструкции и принципа действия преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра обуславливает необходимость разработки инженерной методики расчета по определению основных конструктивных и гидравлических параметров преобразователя. При этом инженерная методика расчета разрабатывается для заданного типоразмера исполнительного гидроцилиндра, параметров источника гидравлического питания и с учетом характерных особенностей работы гидросистемы, в систему управления которого устанавливается преобразователь скорости перемещения штока. Основой для разработки инженерной методики расчета основных параметров преобразователя являются результаты теоретических и экспериментальных исследований преобразователя с плоскими и цилиндрическими запорно-регулирующими элементами.

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработано и создано экспериментальный образец преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с цилиндрическими запорно-регулирующими элементами. Испытание экспериментального образца преобразователя проводилась в лабораторных условиях и в производственных условиях на прессовом оборудовании для производства крупноформатных стеновых строительных блоков. По разработанной технической документации в Инженерном центре «Шакирт» института Машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики изготовлен экспериментальный образец преобразователя скорости перемещения штока для прессующего гидроцилиндра оборудования по производству крупноформатных стеновых строительных блоков.

Общий вид экспериментального образца преобразователя скорости перемещение штока прессующего гидроцилиндра в сборе представлен на рис. 8 а), на на рис. 8 б), показан общий вид прессового оборудования с установленной на ней преобразователем скорости перемещения штока прессующего гидроцилиндра.

а)



б)



Рис. 8. Общий вид и подключение преобразователя скорости перемещения штока прессующего гидроцилиндра на прессовое оборудование для производства крупноформатных строительных изделий

В результате производственных испытаний экспериментального образца преобразователя скорости перемещения штока прессующего гидроцилиндра оборудования для производства крупноформатных строительных блоков, установлено, что расхождение между расчетной продолжительностью цикла оборудования по производству крупноформатных строительных блоков и экспериментальной во всем диапазоне варьируемых параметров не превышает 12 – 20 %. Такие значения расхождения результатов свидетельствуют правильности заложенных принципов управления прессующим гидроцилиндром и адекватности результатов, полученных при теоретических исследованиях.

Технико-экономические расчеты подтвердили, что использование преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра для управления прессующим гидроцилиндром прессового оборудования для производства крупноформатных строительных блоков, повышает его эксплуатационную производительность на 22%. Годовой экономический эффект от применения преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра – 248,184 тыс. сомов.



## ВЫВОДЫ

1. У большинства гидрофицированных машин и оборудования циклического действия мощность привода используется не эффективно и коэффициент использования мощности привода не превышает значения, равное 0,5 – 0,6.

2. Разработан принципиально новый способ повышения эффективности использования мощности привода гидрофицированных машин и оборудования, путем использования преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндров. Принципиальная новизна конструкции преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с мембранными запорно-регулирующими элементами подтверждена несколькими патентами на изобретение (Пат. №1929 КР., Пат. № 1767 КР., Пат. №1969 КР., Пат. №1971 КР.).

3. Для повышения технологичности в изготовлении и высокой ремонтпригодности преобразователь скорости перемещения штока гидроцилиндров выполнен с плоскими и цилиндрическими мембранными запорно-регулирующими элементами, которые обладают более высокими статическими и динамическими характеристиками по сравнению с традиционными жесткими запорно-регулирующими элементами.

4. Разработаны математические модели гидравлического привода управления с преобразователем скорости перемещения штока гидроцилиндра с плоскими и цилиндрическими запорно-регулирующими элементами. Получены уравнения, описывающие перемещение плоской и цилиндрической мембраны под действием возмущающего и управляющего давления жидкости в процессе их деформации.

5. Получены зависимости по оценке влияния геометрических параметров упругих мембран на их упругие характеристики и определены зависимости модуля упругости мембраны от его относительной деформации.

6. Экспериментальные исследования плоских и цилиндрических мембран на гидравлический пробой подтвердили правомерность использования эмпирической зависимости для определения оптимальных соотношений между размерами отверстий, ограничивающих перемещение мембран и толщиной мембран.

7. Исследование динамических характеристик преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с плоскими и цилиндрическими мембранными запорно-регулирующими элементами показали, что динамическое запаздывание в основном определяется объемом управляющего потока жидкости и жесткости упругих мембран.



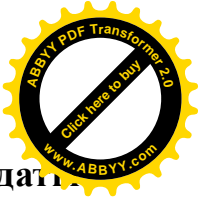


8. Разработана инженерная методика расчета преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра с плоскими и цилиндрическими запорно-регулирующими элементами, позволяющая проектировать преобразователи с заданными характеристиками.

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ:

1. Бекбоев А. Р. Преобразователь скорости перемещение штока гидроцилиндра прессового оборудования для производства строительных изделий [Текст] / А. Р. Бекбоев, **М. К. Жылкычиев**, О.А. Учуров // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2014. - №2. - С.125-130.
2. Бекбоев А. Р. Математическое моделирование преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с цилиндрическим мембранным запорно-регулирующим элементом [Текст] / А. Р. Бекбоев, **М. К. Жылкычиев** // «UNIVERSUM:ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ». - Москва, 2016. - С.32-37.
3. Бекбоев А. Р. Обзор и анализ гидроаппаратов с мембранными запорно-регулирующими элементами [Текст] / А. Р. Бекбоев, **М. К. Жылкычиев**, О.А. Учуров // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2016. - №2. - С.300-305.
4. **Джылкычиев М.К.** Повышение эффективности использование мощности гидравлического привода прессового оборудования [Текст] / **М.К. Джылкычиев** // Журнал: «НАУКА ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА» XL Международной научно-практической конференции.-Новосибирск, 2016.- С.96-102.
5. Бекбоев А. Р. Инженерная методика расчета основных параметров преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра [Текст] /А. Р. Бекбоев, **М. К. Жылкычиев** // Международной научно-практической конференции.-Новосибирск, 2016.- С.64-71.
6. Пат. 1767 КР. Гидравлический пресс для производства строительных изделий [Текст] / Джылкычиев А.И., Бекбоев А.Р., **Жылкычиев М.К.**, Учуров О.А., Арыкбаев К.Б.; Бишкек.- № опубл. 23.07.2014, Бюл. № 5. - 6 с.: ил.4.
7. Пат. 1969 КР. Гидравлический пресс для производства строительных изделий. [Текст] / Джылкычиев А.И., Бекбоев А.Р., **Жылкычиев М.К.**, Арыкбаев К.Б.; Бишкек.-.№ 20160046.1; опубл. 02.06.2016, Бюл. №12. – 8 с. : ил. 4.
8. Пат. 1971 КР. Гидравлический пресс для производства строительных изделий. [Текст] / Джылкычиев А.И., Бекбоев А.Р., **Жылкычиев М.К.**, Арыкбаев К.Б.; Бишкек.- № опубл. 17.06.2016. Бюл. № 7.
9. Пат. 1929 КР. Преобразователь скорости перемещение штока гидроцилиндра гидравлического пресса для производства строительных изделий. [Текст] / Джылкычиев А.И., Бекбоев А.Р., **Жылкычиев М.К.**; Бишкек. - №20150121.1 опубл. 30.12.2016. Бюл. № 8





**Жылкычиев Мирлан Кубанычбекович техника илимдер кандидаты даражасына ээ болуу үчүн, 05.05.04 – Курулуш, жол машиналары жана жабдыулары кесипчилигине тиешелүү «КУРУЛУШ БУЮУМДАРЫН ӨНДҮРҮҮДӨГҮ ЖАБДУУЛАРДЫН ПРЕСТӨӨЧҮҮ ГИДРОЦИЛИНДИРДИН ШТОГУН ЖЫЛДЫРУУДА ЫЛДАМДЫКТЫ ӨЗГӨРТҮҮЧҮНҮН МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮН НЕГИЗДӨӨ ЖАНА ИШТЕП ЧЫГАРУУ» темасында жазылган диссертациянын**

## **КОРУТУНДУ**

**Ачкыч сөздөр:** гидросистема, гидропривод, давления, гидрораспределитель, мембрана, гидроцилиндр, өзгөртүүчү.

**Изилдөө объектиси** – Курулуш буюмдарын өндүрүү үчүн гидравликалык пресстин гидроцилиндинин штогун жылдырууда ылдамдыкты өзгөртүүчүсү бар гидравликалык привод.

**Изилдөө предмети** – престөөчүү гидроцилиндрдин штогун жылдыруудагы өзгөртүүчү.

**Бул ишти аткаруунун максаты** - гидравликалуу машиналарда жана жабдуулардагы аткаруучу гидроцилиндрдин штогун жылдырууда ылдамдыкты өзгөртүүчүнүн мүнөздөмөлөрүн негиздөө жана иштеп чыгаруу.

**Изилдөө ыкмасы жана аппаратурасы** – Өзгөртүүчүнүн негизги конструктивтик жана гидравликалык параметрлерин аныктоо үчүн инженердик методикасы иштелип чыккан, жалпак жана цилиндрлик мембраналардын статикалык мүнөздөмөлөрүн аныктоо үчүн эксперименталдык изилдөөгө атайын жабдыктар дайындалган.

**Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы** – Туруктуу гидравликалык чыгым булагынын кубаттуулугунда аткаруучу гидроцилиндрдин штогун жылдырууда эки ылдамдыктагы режимди камсыз кылуучу принципалдуу жаңы гидроаппарат иштелип чыккан, ылдамдыкты өзгөртүүчүнүн конструкциясынын жаңылыгы Кыргыз Республикасынын бир нече патенти менен тастыкталган, бекитип-көзөмөлдөөчү элементтердин жалпак жана цилиндрлүү өзгөртүүчүнүн математикалык модели иштелип чыккан, өзгөртүүчүнүн статикалык жана динамикалык мүнөздөмөлөрүн конструктивтик жана гидравликалык параметрлерине таасиринин көз карандылыгы алынган.

**Колдонууга сунуштар** – Гидроприводдорду башкаруудагы гидроаппараттарды конструкциялоо жана жаратууда иштин жыйынтыктарын колдонууга болот, курулуш машиналары жана жабдуулар тармагындагы адистерди даярдоодо ошондой эле иштелип чыккан гидроцилиндрдин штогун жылдырууда ылдамдыкты өзгөртүүчү ар кандай өлчөмдөгү гидроцилиндрлердин өндүрүмдүүлүгүн жогорулатуу үчүн колдонууга мүмкүн.

**Колдонуу тармагы** - гидроцилиндрдин штогун жылдырууда ылдамдыкты өзгөртүүчү аткаруучу гидроцилиндрдин штогун жылдырууда каршылыгы жогорулачу баардык гидравликалуу машиналарда жана жабдууларда колдонууга болот.



## РЕЗЮМЕ

диссертации Жылкычиева Мирлана Кубанычбековича на тему: **«РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТОКА ПРЕССУЮЩЕГО ГИДРОЦИЛИНДРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ»** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.05.04** — дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины

**Ключевые слова:** гидросистема, гидропривод, давления, гидрораспределитель, мембрана, гидроцилиндр, преобразователь.

**Объект исследования** - является гидравлический привод прессового оборудования для производства строительных изделий с преобразователем скорости перемещение штока гидроцилиндров.

**Предмет исследования** – преобразователь скорости перемещения штока прессующего гидроцилиндра.

**Цель работы** – разработка и обоснование параметров преобразователя скорости перемещение штока исполнительных гидроцилиндров рабочих органов гидрофицированных машин и оборудований.

**Методы исследования и аппаратура:** В работе используется теоретические методы анализа и синтеза преобразователя скорости при помощи математической модели. Для оценки достоверности результатов, выводов и рекомендации полученные при теоретическом исследовании применялась экспериментальные исследования на стендах и прессах.

**Полученные результаты и их новизна** - разработан принципиально новый гидроаппарат, обеспечивающий при постоянном расходе источника гидравлического питания двухскоростной режим движения штоков исполнительных гидроцилиндров, новизна конструкции преобразователя скорости подтверждена несколькими патентами КР.; разработаны математические модели преобразователей с плоскими и цилиндрическими запорно-регулирующими элементами; получены зависимости, устанавливающие влияние конструктивных и гидравлических параметров преобразователя на его статические и динамические характеристики;

**Рекомендации по использованию:** результаты работы могут быть использованы при конструировании и создании гидроаппаратов для управления гидроприводами и при подготовке специалистов в области строительные машины и оборудования а также разработанный преобразователь скорости перемещение штока гидроцилиндра может быть использован на гидроцилиндрах с разными типоразмерами для увлечение их производительности.

**Область применения:** преобразователь скорости перемещение штоков гидроцилиндров может быть использован на всех гидрофицированных машинах и оборудованиях, в которых сопротивление на штоках исполнительных гидроцилиндров возрастает по мере их выдвижения.



## SUMMARY

**On the thesis research of Zhilkichiev Mirlan Kubanychbekovich on the topic: «DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE TRANSFORMER VARIABLE RATE OF THE MOVEMENT OF THE PRESSING HYDROCYLINDER ROD OF EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF CONSTRUCTION PRODUCTS » on the application for degree of Candidate of Technical Sciences on the specialty 05.05.04. – road, construction, and lifting machinery.**

**Key words:** hydraulic system, hydraulic drive, pressure, hydraulic valve, membrane, hydraulic cylinder, converter

**Target of research** - is a hydraulic drive press equipment for the production of building products with a speed converter moving the rod of hydraulic cylinders.

**The subject of the study** converter of speed of movement of a rod of the pressing hydraulic cylinder.

**The goal of the work:** development and substantiation of the parameters of the speed converter; displacement of the rod of the executive hydraulic cylinders of the working bodies of hydraulic machines and equipment.

**Research Methods and Instrumentation:** The theoretical methods of analysis and synthesis of the velocity transducer using a mathematical model are used in the work. To assess the reliability of the results, conclusions and recommendations obtained in a theoretical study, an experimental study was used on stands and presses. Under laboratory conditions, the method of static processing of results was used.

**The obtained results and their novelty** - a fundamentally new hydraulic device was developed, which provides at a constant flow rate of a hydraulic power source a two-speed mode of movement of the rods of executive hydraulic cylinders; mathematical models of transducers with flat and cylindrical locking and regulating elements have been developed; dependences are obtained that establish the influence of the constructive and hydraulic parameters of the converter on its static and dynamic characteristics;

**Recommendations for use:** the results of the work can be used in the design and creation of hydraulic devices for controlling hydraulic drives and in training specialists in the field of construction machinery and equipment as well as the developed speed converter. The movement of the hydraulic cylinder rod can be used on hydraulic cylinders with different frame sizes for capturing their performance.

**Range of application:** converter of speed movement of rods of hydraulic cylinders can be used on all hydraulic machines and equipment, in which the resistance on the rods of executive hydraulic cylinders increases as they advance.



**М. К. ЖЫЛКЫЧИЕВ**

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ  
СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТОКА ПРЕССУЮЩЕГО  
ГИДРОЦИЛИНДРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Редактор *А.Б. Аманкулова*

Подписано в печать

Формат 60x84 1/8. Объем усл. Печ. Л....

Бумага офсетная. Тираж.... Экз. Заказ...

---

Кыргызский государственный университет строительства,  
транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

Учебно-издательский центр «Авангард»  
720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б