



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ  
им. Н. Исанова**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Диссертационный совет Д 05.19.597

На правах рукописи  
УДК 678.057.+691.421.2(043.3)

**АРЫКБАЕВ КАНАТБЕК БАЙЫШБЕКОВИЧ**

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРУЗИВНОГО  
ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА**

05.05.04 – дорожные, строительные и  
подъемно-транспортные машины

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**БИШКЕК-2020**



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

**Научный руководитель:**

**Джылкичиев Аскарбек Исаевич**  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Гидротехническое  
строительство» Кыргызско-Российского  
Славянского университета

**Официальные оппоненты:**

**Рабат Ондабек Жанахмет улы**  
доктор технических наук, профессор,  
проректор по научной работе Казахской  
автомобильно - дорожной академии  
им. Л.Б. Гончарова

**Жусупбеков Бакытбек Голобекович**  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Организация перевозок и  
безопасность движения» Кыргызского  
национального аграрного университета  
им. Скрябина

**Ведущая организация:**

Кыргызский государственный  
технический университет им. И. Раззакова,  
кафедра «Технология машиностроения»  
Адрес: 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66.

Защита диссертации состоится 27 марта 2020 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.19.597 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. А. Малдыбаева, 34, б, ауд. 1/101, [www.ksucta.kg](http://www.ksucta.kg), тел.: (0312) 548566, факс: (0312) 543561.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова по адресу: 720020, г.Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б и Кыргызско-Российского Славянского университета по адресу: 720000, г.Бишкек, ул. Киевская, 44 и на сайте: [www.ksucta.kg](http://www.ksucta.kg).

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
к.т.н., доцент

Маданбеков Н. Ж.



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** В последние годы в республике строительная отрасль развивается быстрыми темпами, при этом особо следует отметить развитие жилищного строительства. В связи с этим существенно возрастает потребность в качественном стеновом материале, в частности строительном кирпиче. Эта проблема особенно остро проявляется в отдаленных регионах республики, так как основные строительные мощности и базы стройиндустрии сосредоточены в областных и городских промышленных центрах.

На сегодняшний день производство строительного кирпича в республике осуществляется только путем пластического формования. Для этого необходимы пластичные глины, запасы которых в нашей республике ограничены. Другим способом производства строительного кирпича, исключающим зависимость качества производимого кирпича от пластических свойств используемой глины, является полусухой способ формования строительного кирпича. Отличительной особенностью полусухого способа формования кирпича по сравнению с традиционным пластическим способом формования является необходимость приложения значительного усилия на формуемую смесь, а также полное совмещение процессов уплотнения и придания кирпичу окончательной формы. Основной причиной, сдерживающего широкое применение полусухого способа производства строительного кирпича является неэффективность существующих прессовых оборудований для полусухого способа формования строительного кирпича. По данной проблеме занимались в республике ученые Асанов А.А. (с 1996-2002 гг.), Джылкичиев А.И. (с 1996-2020 гг.).

В связи с этим, проблема повышения качества выпускаемого строительного кирпича из малопластичных глин путем создания эффективного экструзивного прессового оборудования для полусухого способа формования строительного кирпича является актуальной проблемой.

**Связь темы диссертации с крупными научными программами.**

Данная работа является инициативной работой.

**Целью диссертационной работы** является повышение эффективности экструзивного прессового оборудования для полусухого формования строительного кирпича путем научно-обоснованного выбора его параметров.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи исследования:

- анализ условий стабилизации давления прессования при экструзивном прессовании строительных изделий из полусухой смеси;
- математическое моделирование процесса экструзивного формования строительных изделий;



– исследование влияния параметров смеси и геометрических размеров формуемого изделия на процесс формирования и на установившееся значение давления прессования при экструзивном прессовании;

– разработка, и обоснование параметров экструзивного прессового оборудования для производства строительных изделий из полусухой смеси;

– разработка инженерной методики расчета основных параметров экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича из полусухой смеси.

#### **Научная новизна работы состоит:**

– в разработке экструзивного способа формирования строительного кирпича из полусухой смеси;

– в разработанной математической модели, описывающей процесс стабилизации давления прессования при экструзивном формировании строительного кирпича из полусухой смеси;

– в полученных зависимостях, описывающих взаимосвязь между установившимся значением удельного давления прессования, параметрами смеси и габаритными размерами формуемого кирпича;

– в полученных аналитических зависимостях, описывающих распределение давления прессования на давление, затрачиваемое на уплотнение формуемой смеси и на давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между стенками матрицы и формуемой смесью;

– в разработанной инженерной методике расчета и проектирования основных параметров экструзивного прессового оборудования для формирования строительного кирпича.

#### **Практическая значимость полученных результатов:**

– создание экспериментальных моделирующих стендов;

– создание принципиально нового перспективного прессового оборудования для производства строительного кирпича экструзивным способом формирования из полусухой смеси;

– разработка инженерной методики расчета параметров экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича из полусухой смеси.

#### **Экономическая значимость полученных результатов.**

Экономический эффект от внедрения одного вертикального экструзивного прессового оборудования в производство составляет 637,373 тыс. сомов в год.

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

– математическая модель, описывающая процесс формирования и стабилизации давления прессования при экструзивном формировании строительного кирпича из полусухой смеси.



- экструзивный способ формования строительного кирпича из полусухой смеси;
- аналитические зависимости, описывающие распределения давления прессования на давление, затрачиваемое на процесс уплотнение формуемой смеси и на давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между стенками матрицы и формуемой смесью;
- зависимости, описывающие взаимосвязь между установившимся значением удельного давления прессования, параметрами смеси и габаритными размерами формуемого кирпича;
- методика расчета основных параметров прессового оборудования по экструзивному формованию строительного кирпича из полусухой смеси.
- принципиально новое экструзивное прессовое оборудования для производства строительных изделий полусухим способом формования;
- результаты экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях.

**Личный вклад соискателя.** На основе проведенного обзора и анализа литературных источников автором сформулированы цели и задачи исследований, определены пути реализации поставленных задач. Автор участвовал в планировании, проведении теоретических исследований, разработке нового экструзивного прессового оборудования и проведении лабораторных и производственных испытаний.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения и отдельные разделы работы докладывались и обсуждались на республиканских и международных научно-технических конференциях: Международная научно-практическая конференция «Инновация в области строительства и образования: становление, проблемы, перспективы» (г.Бишкек, 2012 г.); Международная научно-практическая конференция «Наука и образования для устойчивого развития» (г.Каракол, 2013 г.); Международная научно-практическая конференция «Насирдин Исанов – видный государственный деятель Кыргызской Республики» (г.Бишкек, 2013 г.); XXX Международная научно-практическая конференция «НАУКА ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА» (г.Новосибирск, 2016 г.); Международная научно-практическая конференция «ИНТЕРНАУКА. НАУЧНАЯ ДИСКУССИЯ: Вопросы технических наук» (г.Москва, 2016 г.); Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные исследования: опыт, проблемы и перспективы» (г.Санкт-Петербург, 2017 г).

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.** Материалы диссертации опубликованы в 15 научных публикациях, в том числе в зарубежных изданиях РИНЦ - 6, получены 3 патента КР.



**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Текстовая часть изложена на 168 страницах машинописного текста, содержит 40 рисунков, 3 таблиц и список литературы из 106 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность работы и дается краткая характеристика. Приведены особенности производства строительных изделий полусухим способом формования и проанализированы достоинства и недостатки существующих конструкций прессового оборудования и сформулированы задачи исследования.

**В первой главе «Обзор способов формования строительного кирпича и оборудования для их производства»** рассмотрены известные способы полусухого формования изделий, механизмы прессования смеси, выполнен обзор и анализ существующих прессов для производства строительных изделий методом полусухого прессования.

Способы полусухого формования строительных и других изделий рассмотрены в работах А. А. Асанова (1996-2002 гг.), А. И. Джылкичиева (1996-2020 гг.), П. П. Баландина (1980-2000 гг.), А.С. Бережного (1980-2000 гг.), М.Ю.Бальшина (1980-2000 гг.), С.С.Казакевича (1980-2000 гг.), В.Е.Верниковского (1980-2000 гг.) и др. В этих работах представлены такие способы формования полусухих масс, как одностороннее, двухстороннее, объемное, вибрационное, ударное и комбинированное. Рассмотрены особенности этих способов прессования.

Приведены краткие описания конструкций и характеристики наиболее широко применяемых в странах СНГ и за рубежом прессов по производству строительных изделий методом полусухого прессования таких фирм, как “Ротомат”, “Дорстенер” (Германия), “Атлас” (Польша), “Крупп-Интер” (Германия), “Сатклиффи - Спикмен”, СМ-152, СМ-1095, “Красный Октябрь” (Украина), а также прессы системы “Бойда”, “Ридлия” и другие.

Изучение современного состояния отечественных и зарубежных прессов показало, что в этих прессах для производства изделий методом полусухого прессования применяются различные механизмы прессования, такие как плунжерный, роликовый, вибрационный, винтовой, кулисный, кулачковый, ударный, рычажный и коленно-рычажный, а в прессах по производству строительных изделий методом полусухого прессования в основном применяются плунжерные (“Крупп-Интер”, “S-S 500”), рычажные (“СМС-152”) и коленно-рычажные (“Дорстенер”, “СМ-1085А”) механизмы прессования.

Обзор научно-технической литературы показывает, что среди известных способов наиболее широкое применение получили одностороннее и



двухстороннее прессования. Анализ рассмотренных способов прессования показывает, что целесообразно применять одностороннее прессование при изготовлении строительных изделий с соотношением высоты  $h$  на гидравлический радиус  $Rh/R < 1 \div 1,5$ , а при соотношении  $h/R > 1 \div 1,5$  - использование двухстороннего прессования. Рассмотрены достоинства и недостатки известных механизмов прессования и определены их области рационального использования.

Анализируя конструктивные схемы прессов по производству строительных изделий методом полусухого прессования можно утверждать, что в ближайшей перспективе наиболее целесообразными и эффективными является использование экструзивной технологии, в которой формование осуществляется по принципу «изделие в изделии».

Таким образом, совершенствование технологии полусухого способа формования и разработка эффективного прессового оборудования для производства строительных изделий полусухим способом формования является актуальной задачей.

**Вторая глава «Исследование физико-механических процессов, протекающих при экструзивном формовании строительного кирпича»** посвящена теоретическому исследованию экструзивного способа формования строительных изделий из полусухой смеси. Несмотря на то, что имеются работы, посвященные экструзивному способу формования изделий из полусухой смеси, все они выполнены на уровне авторских свидетельств и патентов на изобретение, а в теоретическом плане на уровне постановки задач исследования. В связи с этим принципиальная новизна экструзивного способа формования строительных изделий из полусухой смеси предопределила необходимость комплексных исследований для установления влияния параметров смеси, геометрических размеров формируемого изделия и длины матрицы на процесс формирования и стабилизации удельного давления прессования при экструзивном формовании изделий из полусухой смеси. Строительный кирпич может выпускаться, как со сквозными, так и несквозными пустотными отверстиями, поэтому расчетная схема и математическая модель физико-механических процессов, протекающих при экструзивном формовании изделий разработана для формования изделий как с не сквозными, так и со сквозными пустотными отверстиями.

**Объект исследования.** Экструзивное прессовое оборудование для производства строительного кирпича.

**Предмет исследования.** Параметры матрицы экструзивного прессового оборудования.

**Методика исследования.** В работе используются теоретические методы анализа и синтеза механизмов прессов при помощи математических моделей. Решение и анализ математических моделей механизмов и прессов

Осуществлялись аналитическими с численными методами и использованием ПЭВМ. Для оценки достоверности результатов, выводов и рекомендаций, полученных при теоретических исследованиях, проводились экспериментальные исследования на стендах и опытных образцах прессов в лабораторных условиях с использованием методов статической обработки результатов, а также испытания прессов в производственных условиях.

На рис. 1 представлена расчетная схема экструзивного способа формирования изделий с несквозными пустотными отверстиями, включающая в себя вертикально закрепленную матрицу 1, прессующий пуансон 2, пластины 3 с пустотообразователями 4 и формуемые изделия 5.

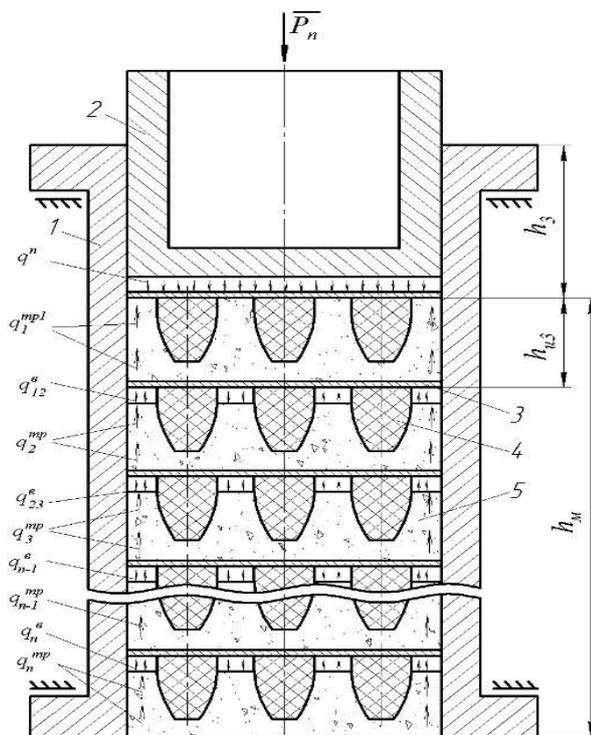


Рис. 1. Расчетная схема процесса экструзивного формирования изделий с несквозными пустотными отверстиями

Для математического описания процесса формирования давления прессования и его стабилизации при экструзивном формировании рассмотрим баланс сил, действующих на формуемые изделия в момент их страгивания и перемещения в матрице. Именно в этот момент, в момент страгивания формуемых изделий в матрице, давление прессования достигает максимальной величины и переходит в давление выпрессовки. Значение давления прессования складывается из давления, необходимого для выпрессовки в напряженном состоянии изделия, отформованного последним и давления необходимого для выпрессовки всех изделий, находящихся в матрице, с учетом снижения бокового распора изделий в матрице по мере их перемещения в матрице.



Для наглядности при оценке результатов исследования, значение давления прессования принято равным единице, поэтому давление необходимое для преодоления суммарной силы трения при перемещении всех изделий в об стенки матрицы, тоже будет равным единице. Следовательно, математическая модель процесса формирования и стабилизации давления прессования при экструзивном формировании изделий из полусухой смеси, должна описывать процесс распределения единичного давления прессования на давление, затрачиваемое на процесс уплотнения смеси и на давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между формуемым изделием и стенками матрицы.

В соответствии с расчетной схемой уравнения, описывающие давление, затрачиваемое на уплотнение формуемой смеси и давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между формуемым изделием и стенками матрицы можно записать в виде

$$q_{1,2}^{\kappa} = \frac{(2R - h_{uz} k_{\sigma} \mu)}{2R + h_{uz} k_{\sigma} \mu}, \quad (1)$$

$$q_1^{TP} = \frac{2h_{uz} k_{\sigma} \mu}{2R + h_{uz} k_{\sigma} \mu}. \quad (2)$$

где  $R$  – гидравлический радиус поверхности прессования формуемого изделия;  $h_{uz}$  – высота формуемого изделия;  $k_{\sigma}$  – коэффициент бокового распора;  $\mu$  – коэффициент трения смеси о стенки матрицы.

В соответствии с расчетной схемой и уравнениями (1) и (2) баланс давлений в момент страгивания и начала перемещения отформованных изделий в матрице и перехода давления прессования в давление выпрессовки можно записать в следующем виде

$$1 = q_1^{TP} + q_2^{TP} + q_3^{TP} + q_4^{TP} + \dots + q_{n-1}^{TP} + q_n^{TP} \quad (3)$$

где  $q_1^{TP}, q_2^{TP}, q_3^{TP}, q_4^{TP}$  и  $q_{n-1}^{TP}, q_n^{TP}$  – соответственно давление, затрачиваемое на преодоления силы трения между первым изделием в матрице со стороны прессующего пуансона и стенкой матрицы и т.д.;  $n$  – количество изделий в матрице.

Для удобства использования индексов и степени введем следующие обозначения:  $q_1^{TP} = \beta$  и  $q_n^{TP} = \lambda_n$ , где  $\beta$  – давление, необходимое для преодоления силы трения между первым изделием со стороны прессующего пуансона и стенками матрицы;  $\lambda_n$  – давление, необходимое для преодоления силы трения между последним изделием и стенками матрицы.

Подставив значения давления в уравнении (3), проведя соответствующие преобразования и решив относительно количества изделий в матрице, получим

$$n = \log_{\beta} \lambda_n \tag{4}$$

Таким образом, определив количество изделий в матрице и зная геометрические размеры формуемого изделия, можно определить длину матрицы, в которой суммарная сила трения между отформованными изделиями и стенками матрицы, обеспечивает баланс между давлением прессования и давлением, необходимым для страгивания и перемещения отформованных изделий в матрице. При этом следует отметить, что величина установившегося значения давления прессования при экструзивном прессовании, зависит от длины матрицы и параметров формуемой смеси и изделия. В свою очередь, именно давление прессования, оказывает определяющее влияние на качество формуемых изделий.

При производстве стеновых материалов с точки зрения теплопроводности, возможности качественного обжига и экономии сырья предпочтение отдается изделиям со сквозными пустотными отверстиями. При этом учитывая, что физико-механические процессы, протекающие при экструзивном формовании изделий с несквозными пустотными отверстиями, существенно отличаются от физико-механических процессов, протекающих при экструзивном формовании изделий со сквозными пустотными отверстиями, по последним изделиям необходимо проведение отдельных исследований.

Для математического моделирования физико-механических процессов, протекающих при экструзивном формовании изделий со сквозными пустотными отверстиями разработана расчетная схема и математическая модель процесса формования такого изделия из полусухой смеси.

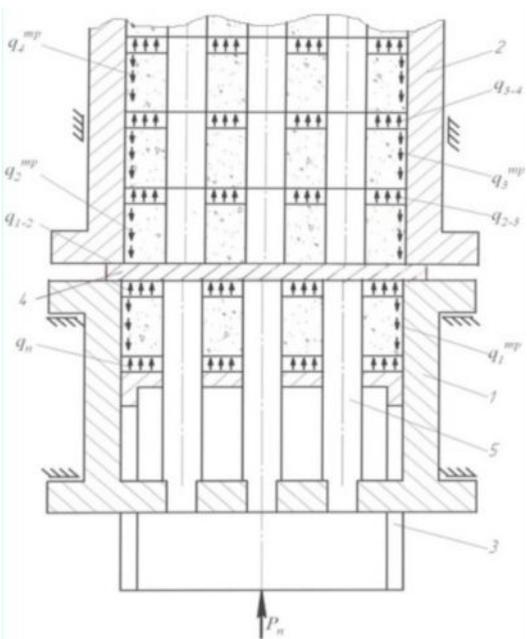


Рис. 2. Расчетная схема процесса экструзивного формования изделий со сквозными пустотными отверстиями



На рис. 2 представлена расчетная схема процесса экструзивного формования изделий со сквозными пустотными отверстиями, включающая в себя основную матрицу 1 и дополнительную матрицу 2, прессующий пуансон 3, заслонку 4 и закрепленные к основной матрице 1 пустотообразователи 5. В начале процесса формования изделий в качестве опорной реакции используется заслонка 4, а затем с момента, когда, суммарная сила трения между отформованными изделиями и стенками дополнительной матрицы 2 будет достаточной для формования очередного изделия с требуемым удельным давлением прессования, процесс формования изделий со сквозными отверстиями будет осуществляться без использования заслонки 4.

В соответствии с расчетной схемой, представленной на рис. 2, аналогично уравнениям (1) и (2), уравнения, описывающие давление, затрачиваемое на уплотнение формуемой смеси и давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между формуемым изделием и стенками матрицы с учетом параметров пустотообразователей, можно записать в виде

$$q_{1,2} = \frac{q_n [2R(U_1 - nU_2) - (U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu]}{2R(U_1 - nU_2) + (U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu} \quad (5)$$

$$q_1^{тр} = \frac{2q_n(U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu}{2R(U_1 - nU_2) + (U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu} \quad (6)$$

где  $R$  – гидравлический радиус формуемого изделия;  $U_1$  и  $U_2$  – соответственно периметры формуемого изделия и поперечного сечения пустотообразователя;  $h_{uz}$  – высота формуемого изделия.

Для оценки удельного веса давления прессования, затрачиваемого на уплотнение смеси и на преодоление силы трения между формуемым изделием и стенками матрицы с пустотообразователями (3) применительно к формованию изделия со сквозными пустотными отверстиями можно записать в виде

$$1 = \frac{2R(U_1 - nU_2) - (U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu}{2R(U_1 - nU_2) + (U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu} + \frac{2(U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu}{2R(U_1 - nU_2) + (U_1 + nU_2)h_{uz}k_{\sigma}\mu} \quad (7)$$

Таким образом полученное уравнение (7), описывает влияние параметров смеси и геометрических размеров формуемого изделия на распределение единичного давления прессования на давление, затрачиваемое на уплотнение смеси (первое слагаемое правой части уравнения) и на давление, затрачиваемое на преодоление силы трения (второе слагаемое правой части уравнения).

Исследование математических моделей процесса экструзивного формования изделий с несквозными и со сквозными пустотными отверстиями проводилось численным способом, при этом в качестве исходных данных приняты следующие значения:  $a = 0,12$  м;  $b = 0,25$  м,  $R_1 = 0,04054$  м;  $R_2 =$

$0,02717 \text{ м}; d_n = 0,36 \text{ м}; h_{из} = 0,088 \text{ м}; k_{\delta} = 0,4; \mu = 0,2; n = 3; F_1 = 0,03 \text{ м}^2;$   
 $F_2 = 0,01017 \text{ м}^2; F_3 = 0,022 \text{ м}^2; F_4 = 0,01017 \text{ м}^2; U_1 = 0,74 \text{ м}; U_2 = 0,113 \text{ м}.$

На рис. 3 а) представлены графики распределения единичного давления прессования на давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между изделием и стенками матрицы на давление, затрачиваемое на уплотнение смеси в зависимости от высоты изделия, при формовании изделия с не сквозными пустотными отверстиями, а на рис. 3 б) представлены графики распределения единичного давления прессования на давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между изделием и стенками матрицы на давление, затрачиваемое на уплотнение смеси в зависимости от высоты изделия, при формовании изделия со сквозными пустотными отверстиями.

На представленных графиках видно, что кривые 1, 2 и 3 показывают изменение единичного давления прессования, затрачиваемого на процесс уплотнения смеси в зависимости от высоты формуемого изделия с несквозными пустотными отверстиями рис. 3, а). а кривые 4, 5 и 6 показывают изменение единичного давления прессования, затрачиваемого на преодоление силы трения между формуемой смесью и стенками матрицы для изделий со сквозными пустотными отверстиями (рис. 3. б). При этом, графики 1, 2, 3 и 4, 5, 6 построены при значениях произведения коэффициентов бокового распора и трения смеси об стенку матрицы, соответственно равный 0,03, 0,045, и 0,06.

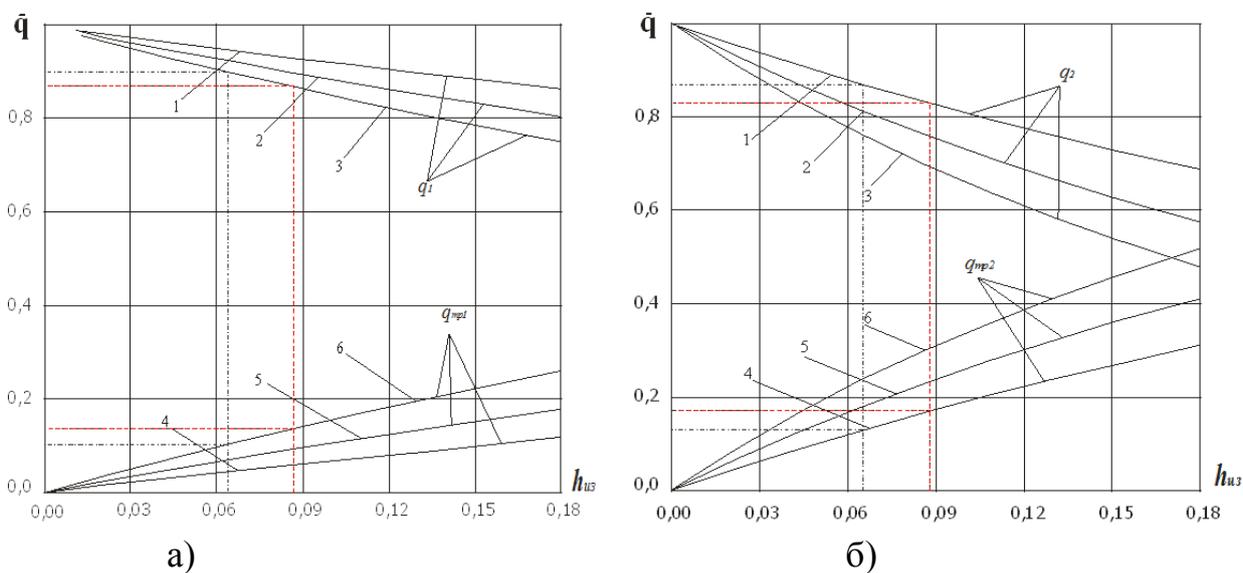


Рис. 3. Распределение единичного давления прессования от высоты формуемого изделия: а) с несквозными пустотными отверстиями  
 б) со сквозными пустотными отверстиями

Из графиков, представленных рис. 3. а) и рис. 3. б) видно, что с увеличением высоты формуемого изделия доля единичного давления прессования, затрачиваемого на уплотнение смеси, уменьшается, а доля



Единичного давления прессования, затрачиваемого на преодоление силы трения смеси о стенки матрицы, увеличивается. Это объясняется тем, что с увеличением высоты формуемого изделия, площадь его поверхности формуемого изделия, контактирующей с боковыми стенками матрицы увеличивается и поэтому, при прочих равных условиях, значение силы трения между формуемым изделием и стенками матрицы повышается, соответственно и увеличивается значение давления прессования, затрачиваемого на преодоление этих сил трения. Например, как видно из представленного графика на рис. 3. б) при высоте формуемого изделия, равной 0,066 м и значении произведения коэффициентов трения смеси о стенки матрицы и бокового распора 0,03, 90 % давления прессования затрачивается на уплотнение смеси (кривая 3), и 10 % на преодоление силы трения между смесью и стенками матрицы (кривая 6). При аналогичном значении произведения коэффициентов трения смеси о стенки матрицы и бокового распора, но при формовании изделия высотой 0,088 м, 86 % давления прессования затрачивается на уплотнение смеси, а 14% затрачивается на преодоление силы трения между смесью и стенками матрицы.

При формовании изделия с не сквозными пустотными отверстиями равенство давления, затрачиваемого на уплотнение смеси и на преодоление силы трения смеси об стенки матрицы и пустотообразователей, для значений произведений коэффициентов бокового распора и трения 0,03, 0,045 и 0,06, наступает, соответственно при высоте формуемого изделия 0,09008 м, 0,06006 м и 0,04505 м.

Полученные зависимости распределения давления прессования на уплотнение смеси и на преодоление трения свидетельствуют о том, что при экструзивном формовании изделий имеет место одностороннее прессование, поэтому для такого способа формования изделий должны быть разработаны нормативы по ограничению допустимого перепада давления прессования по высоте изделия в процессе его формования. При известном или заданном значении допустимого перепада напряжения по высоте формуемого изделия, можно определить, для конкретных параметров смеси и размеров формуемого изделия, максимально допустимую высоту формуемого изделия.

Таким образом, полученные зависимости перепада давления прессования по высоте формуемого изделия можно будет использовать для обоснования максимальной высоты изделия при экструзивном формовании. Для этого, исходя из технологических требований к готовому изделию, должны быть разработаны нормативы допустимого значения перепада давления прессования по высоте изделия. Например, при допустимом перепаде давления прессования по высоте формуемого изделия в 20%, экструзивное формование изделий со сквозными пустотными отверстиями допускается высотой до 0,066 м, а при формовании изделий с несквозными пустотными отверстиями допустимая

высота изделия может достигать до 0,16 м. Это свидетельствует о том, что изделия с сквозными пустотными отверстиями наряду с достоинствами имеют и определенные недостатки. Последнее, заключается в том, что, при прочих равных условиях, ограничение по высоте для изделий, с сквозными отверстиями наступает раньше, чем для изделий с несквозными отверстиями.

**В третьей главе «Экструзивное прессовое оборудование для производства строительного кирпича полусухим способом формования»** рассмотрены особенности экструзивного способа формования строительных изделий и конструкция вертикального экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича со сквозными пустотными отверстиями из полусухой смеси.

Особенность экструзивного способа формования изделий заключается в том, что в качестве опорной поверхности для формования очередного изделия используется сила трения между стенками матрицы и отформованными изделиями в предыдущих циклах. Это, в свою очередь, позволяет исключить холостые перемещения прессующего пуансона между процессом прессования изделия и его выпрессовкой, в результате чего сокращается время цикла и повышается производительность прессового оборудования.

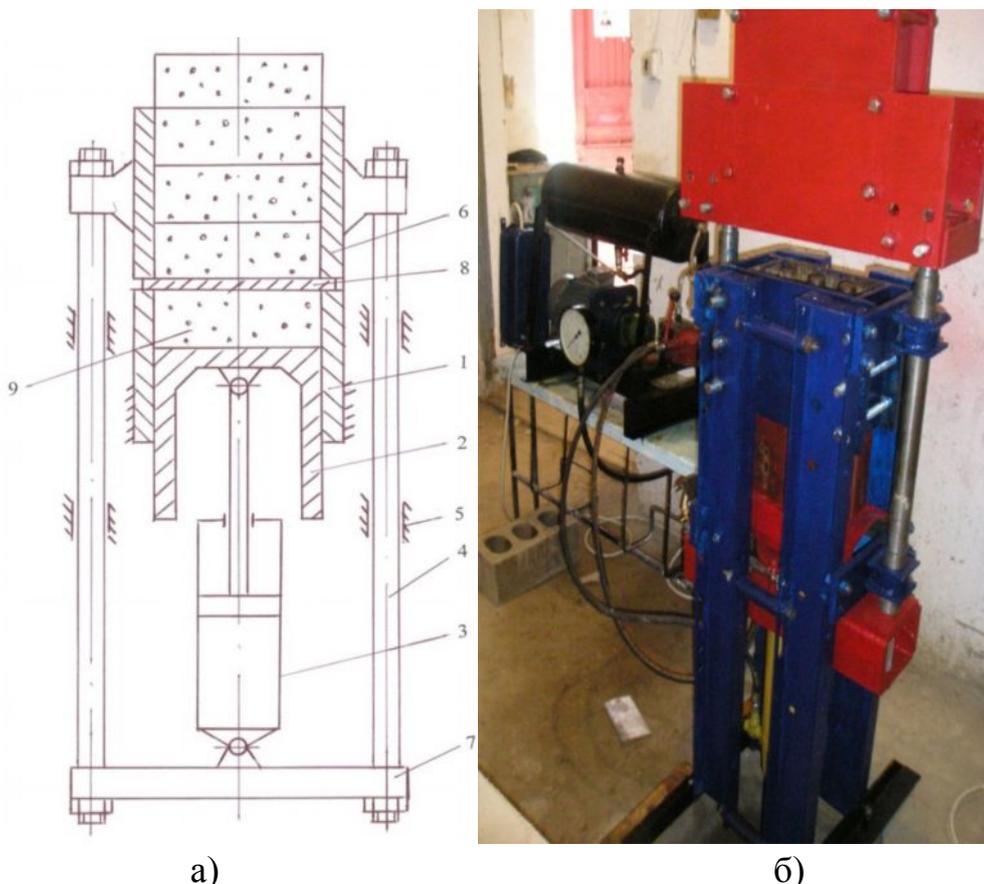


Рис. 4. Принципиальная схема и общий вид вертикального экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича из полусухой смеси



В связи с этим на основе синтеза результатов теоретических и экспериментальных исследований, полученных при исследовании процесса экструзивного способа формования изделий из полусухой смеси разработано и создано вертикальное экструзивное прессовое оборудование для производства строительного кирпича из полусухой смеси.

Принципиальная схема вертикального экструзивного прессового оборудования для полусухого формования строительного кирпича со сквозными пустотными отверстиями представлена на рис. 4, а) а на рис 4, б) изображен его общий вид. Прессовое оборудование включает в себя неподвижную основную матрицу 1 с пуансоном 2 и прессующим гидроцилиндром 3, тяги 4, установленные в направляющих 5 и жестко соединяющие подвижную матрицу 6 с нижней балкой 7, на которой в свою очередь закреплен корпус прессующего гидроцилиндра 3. Кроме этого, для перекрытия выходного отверстия основной матрицы 1, на первых циклах работы экструзивного прессового оборудования до установившегося режима, оборудование снабжено заслонкой 8, устанавливаемой между основной матрицей 1 и подвижной матрицей 6. Изделие 9 прессуется в полости основной матрицы 1, ограниченной с одной стороны пуансоном 2, а с другой заслонкой 8.

Кроме указанных выше элементов вертикальное экструзивное прессовое оборудование содержит механизм загрузки смеси, включающий в себя бункер, каретку с обтекателем и приводной гидроцилиндр каретки.

Принцип работы вертикального экструзивного прессового оборудования заключается в следующем. Смесь из бункера при помощи каретки загружается в основную матрицу 1, затем выходное отверстие основной матрицы 1 закрывается заслонкой 8 и при включении прессующего гидроцилиндра 3 заслонка 8 нижним торцом подвижной матрицы 6 прижимается к верхнему торцу основной матрицы 1. В результате смесь в замкнутом объеме, ограниченном сверху заслонкой 8, а снизу прессующим пуансоном 3 подвергается прессованию с заданным усилием. При достижении требуемого удельного давления прессования, прессующий гидроцилиндр переключается и втягивание штока приводит к подъему подвижной матрицы 6, освобождая прижатую к верхнему торцу основной матрицы 1, заслонку 8. Затем, сняв заслонку 8 повторно включается прессующий гидроцилиндр 6 и отформованное изделие на первом цикле выпрессовывается из основной матрицы 1 и впрессовывается в подвижную матрицу 6. Далее цикл повторяется аналогично первому циклу до тех пор, пока полость подвижной матрицы 6 полностью не будет заполнена отформованными изделиями и суммарная сила трения между стенками подвижной матрицы 6 и изделиями в нем, не будет обеспечивать опорную реакцию, достаточную для формования очередного изделия с требуемым удельным давлением прессования.

При выполнении этого условия, дальнейшая работа прессового оборудования будет осуществляется без использования заслонки 8 и процесс прессования изделия в основной матрице 1, при достижении требуемого удельного давления прессования, будет автоматически переходить в процесс выпрессовки отформованного изделия.

Экструзивное прессовое оборудование является динамической системой, включающей в себя механизм прессования и механизм загрузки смеси в матрицу, поэтому для оценки коэффициента динамичности разработана расчетная схема, которая представлена на рис. 5 и математическая модель процесса работы механизма прессования.

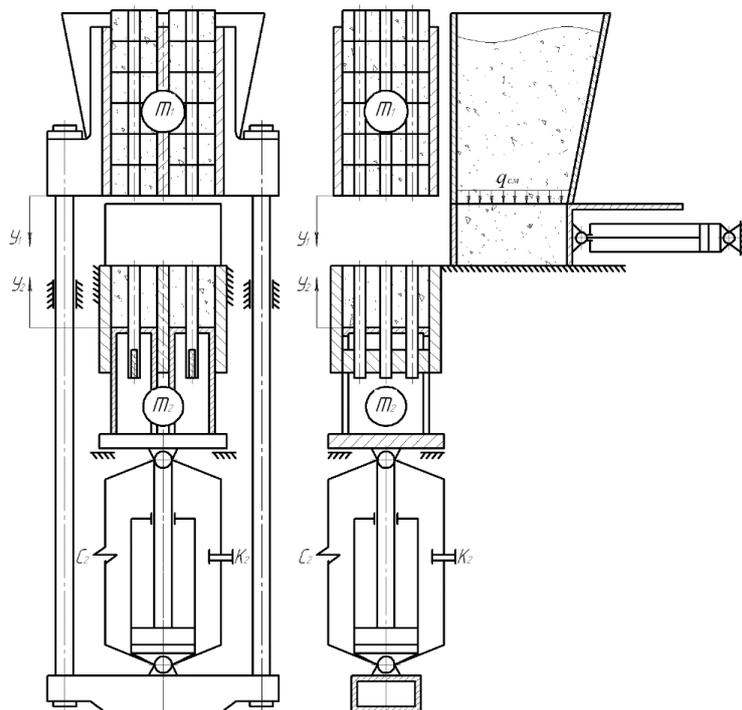


Рис. 5. Расчетная схема механизма прессования экструзивного прессового оборудования

Динамическая модель механизма прессования экструзивного прессового оборудования представлена в виде двух массовой системы и математическая модель включает в себя систему дифференциальных и алгебраических уравнений. Из-за ограниченности объема автореферата из математической модели процесса работы механизма прессования приведены лишь основные уравнения прессующего следующего виде.

Уравнения динамического равновесия сосредоточенных масс  $m_1$  и  $m_2$  при выдвигении штока имеют вид

$$m_1 \ddot{y}_1 - m_1 g + k_1 \dot{y}_1 + q F n + S = 0; \quad (8)$$



$$m_2 \ddot{y}_2 + m_2 g + k_2 \dot{y}_2 + q F n + S = 0, \quad (9)$$

где,  $\ddot{y}_1$ ,  $\ddot{y}_2$  и  $\dot{y}_1$ ,  $\dot{y}_2$  - соответственно ускорение и скорость движения сосредоточенных масс  $m_1$  и  $m_2$ ;  $k_1$  и  $k_2$  - вязкое сопротивление перемещения сосредоточенных масс  $m_1$  и  $m_2$ ;  $g$  - ускорение силы тяжести;  $F$  - площадь поверхности прессования формуемого изделия;  $S$  - усилие, развиваемое прессующим гидроцилиндром.

Зависимость относительной деформации формуемой смеси от удельного давления прессования представлена следующим уравнением

$$q = - \frac{\ell n \left| 1 - \frac{\Delta h}{\Delta h_{np}} \right|}{\mu R}, \quad (10)$$

где,  $\Delta h$  - относительная деформация формуемой смеси;  $\Delta h_{np}$  - предельный коэффициент относительной деформации, определяемый по уравнению (1.17);  $\mu$  - коэффициент, зависящий от параметров формуемой смеси, а его значение определяется экспериментально.

Значение давления в полостях прессующего гидроцилиндра определяется решением следующих дифференциальных уравнений

$$\dot{p}_n = \frac{4 Q_u - \pi d_n^2 \dot{x}}{4 k_{ynp}}, \quad (11)$$

$$\dot{p}_n = \frac{4 Q_u - \pi d_n^2 \dot{x} (1 - k^2)}{4 k_{ynp}}, \quad (12)$$

где  $Q_u$  - расход жидкости, поступающий в полости прессующего гидроцилиндра;  $\dot{x}$  - скорость перемещения штока прессующего гидроцилиндра при прямом ходе;  $k_{ynp}$  - коэффициент упругости полости гидроцилиндра с рабочей жидкостью;  $\dot{p}_n$  - скорость изменения давления в напорной магистрали гидросистемы.

Исследование математической модели прессующего механизма проводилось численным методом по разработанному алгоритму и программе расчета. При этом в качестве исходных данных принят расход жидкости гидронасоса, значение которого варьировалось в диапазоне от  $8,3 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $1,4 \text{ м}^3$ .

Анализ результатов исследования математической модели механизма прессования показывает, что коэффициент динамичности, определяется как отношение инерционной составляющей сопротивления перемещению сосредоточенной массы к общему суммарному сопротивлению движения.



Коэффициент динамичности механизма прессования в диапазоне варьирования исходных данных изменялся в диапазоне от 1,2 до 1,6, что для таких механизмов как механизмов прессования вполне приемлемо.

**В четвертой главе «Инженерная методика расчета параметров вертикального экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича»** по результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана инженерная методика расчета экструзивного прессового оборудования, включающая в себя систему уравнений, при помощи которых можно для заданной производительности оборудования без громоздких и сложных математических расчетов определить основные параметры при проектировании и совершенствовании экструзивного прессового оборудования.

Расчет экономической эффективности от внедрения экструзивного прессового оборудования в производство выполнена с точки зрения, эксплуатирующей организации, как превышение стоимостной оценки результатов над стоимостной оценкой затрат. В результате расчетов установлено, что годовой экономический эффект от внедрения в производство экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича полусухим способом формования составит 637,373 тыс. сом в год.

## **ВЫВОДЫ**

1. Обзор и анализ существующего прессового оборудования для производства стеновых строительных изделий полусухим способом формования показывает, что, несмотря на неоспоримые преимущества полусухого способа производства строительных изделий, ограниченность применения такого способа производства стеновых строительных изделий обусловлено, прежде всего, низкой удельной производительностью существующего прессового оборудования.

2. Разработана принципиально новая схема вертикального экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича со сквозными и несквозными пустотными отверстиями из полусухой смеси, обеспечивающее при прочих равных условиях, повышение удельной производительности прессового оборудования на 25-28%.

3. Разработаны расчетные схемы и математические модели процесса экструзивного способа формования строительного кирпича со сквозными и несквозными пустотными отверстиями из полусухой смеси, позволяющие исследовать влияние параметров смеси и геометрических размеров формируемого изделия на процесс формирования и стабилизации удельного давления прессования.



4. Получены аналитические уравнения, устанавливающие зависимость длины подвижной матрицы экструзивного прессового оборудования от параметров смеси и геометрических размеров формуемого изделия.

5. Получены зависимости, описывающие распределение давления прессования при экструзивном формовании строительных изделий из полусухой смеси на давление, затрачиваемое на процесс уплотнения формуемой смеси и на давление, затрачиваемое на преодоление силы трения между стенками матрицы и формуемой смесью, а также свидетельствующие, что при экструзивном формовании имеет место одностороннего прессования изделий.

6. Экспериментальные исследования на лабораторных стендах и на экспериментальном образце экструзивного прессового оборудования в производственных условиях подтверждают правильность заложенных принципов при разработке прессового оборудования, и расхождение результатов теоретических и экспериментальных исследований не превышает 15 – 18%.

7. Разработана инженерная методика расчета по определению основных параметров экструзивного прессового оборудования по заданной производительности.

8. Экономический эффект от внедрения одного экструзивного прессового оборудования в производство составляет 637,373 тыс. сомов в год.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Джылкичиев А.И. Установка для формования крупноформатных керамических блоков [Текст] / А.И. Джылкичиев, М.С. Кыдыралиев, **К.Б. Арыкбаев** // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2012. - Вып. 3 (37). - С.107-112.

2. Джылкичиев А.И. Анализ влияния параметров смеси и пустотообразователей на распределение давления прессования по высоте формуемого изделия при полусухом прессовании [Текст] / А.И. Джылкичиев, А.Р. Бекбоев, **К.Б. Арыкбаев** // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2013. - Вып. 2 (40). – С.177-181.

3. Джылкичиев А.И. Прессовое оборудование для формования изделий из полусухой смеси экструзивным способом [Текст] / А.И. Джылкичиев, А.Р. Бекбоев, **К.Б. Арыкбаев** // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2013. - Вып. 2 (42). – С.28-31.

4. Джылкичиев А.И. Математическое моделирование процесса экструзивного формования строительного кирпича [Текст] / А.И. Джылкичиев, А.Р. Бекбоев, **К.Б. Арыкбаев** // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2013. - Вып. 4 (42). – С.31-36.

5. Арыкбаев К.Б. Особенности полусухого формования строительных изделий [Текст] / **К.Б. Арыкбаев** // Вестник Иссык-Кульского государственного университета им. К. Тыныстанова. - Бишкек, 2013. – Вып. 35. - С.222-225.



6. Бекбоев А.Р. Полусухое формование строительных изделий и способы его реализаций [Текст] / А.Р. Бекбоев, **К.Б. Арыкбаев** // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2014. - Вып. 2 (44). – С.130-135.

7. Джылкичиев А.И. Исследование влияния параметров смеси геометрических размеров изделия на распределение давления прессования по высоте формуемого изделия [Текст] / А.И. Джылкичиев, А.Р. Бекбоев, **К.Б. Арыкбаев** // Изд. «СибАК». Новосибирск, 2016. - Вып. 1 (23). - С.60-69.

8. Джылкичиев А.И. Результаты теоретических исследований процесса экструзивного формования строительных изделий из полусухой смеси [Тест] / А.И. Джылкичиев, А.Р. Бекбоев, **К.Б. Арыкбаев** // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2016. - Вып. 1 (51). - С. 218-222.

9. Джылкичиев А.И. Результаты исследование влияния параметров смеси, размеров формуемого изделия на давления прессования полусухой смеси. [Текст] / А.И. Джылкичиев, А.Р. Бекбоев, **К.Б. Арыкбаев** // ИНТЕРНАУКА. - Москва, 2016. – Вып. 2 (32). - С.38-48

10. Джылкичиев А.И. Установка для формования полусухим способом крупноформатных керамических строительных блоков [Текст] / А.И. Джылкичиев, М.С. Кыдыралиев, **К.Б. Арыкбаев** // ИНТЕРНАУКА. - Москва, 2016. – Вып. 8 (51). - С.7-13.

11. Джылкичиев А.И. Инженерная методика расчета основных параметров вертикального экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича [Текст] / А.И.Джылкичиев, А.Р.Бекбоев, **К.Б.Арыкбаев** // «Профессиональная наука». – СПб., 2017. - Вып. б/н С.383-39.

12. Джылкичиев А.И. Объемное прессование крупноформатных стеновых строительных блоков [Текст] / А.И. Джылкичиев, А.Р. Бекбоев, **К.Б.Арыкбаев** // ИННОВАЦИЯ В НАУКЕ. - Новосибирск, 2013 -12 (73). – С.40-43.

13. Пат. № 1458 КР, Устройство для полусухого прессования керамических изделий [Текст] / А.И.Джылкичиев, Т.Т.Абылкасымов, **К.Б.Арыкбаев**; Бишкек. - №20110042.1; заявл. 20.04.2011; опубл. 31.05.12, -5 с.

14. Пат. №1591 КР, Гидравлический пресс для производства строительных изделий [Текст] / А.И. Джылкичиев, М.С. Кыдыралиев, **К.Б.Арыкбаев**; Бишкек. - №20120096.1; заявл. 04.10.2012; опубл.31.10.13, -5 с.

15. Пат. № 1767 КР, Пресс для производства строительных изделий. [Текст] / А.И. Джылкичиев, О.А. Учуров, **К.Б.Арыкбаев**; Бишкек. - №20140092.1; 23.06.2014; опубл. 31.06.2015. – 7 с

По публикациям имеет 315 баллов



**Арыкбаев Канатбек Байышбековичтин 05.05.04 – жол, курулуш жана көтөрүп-ташуучу машиналар адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденүү үчүн «Курулуш кышын өндүрүүдө экструзивдик пресс жабдыгынын параметрлерин негиздөө» темасындагы диссертациялык ишине берилген**

## **РЕЗЮМЕ**

**Негизги сөздөр:** пресс, калыптоо, матрица, чала кургак престөө, тыгыздоо, престөө басымы, экструзивдик калыптоо, сыгылып чыгуу, басылып чыгуу, геометриялык өлчөмүү, сүрүлүү күчү, калыптануучу буюмдун бийиктиги.

**Изилдөө объектиси:** Курулуш кыштарын чыгаруучу экструзивдик пресстөөчү жабдык.

**Изилдөөнүн предмети:** Экструзивдик пресстөөчү жабдыктын матрицасынын параметрлери

**Изилдөөнүн максаты:** чала кургак калыптоочу экструзивдуу пресстөөчү жабдыктарды, илимий тастыктоо жолу менен эффективдүүлүгүн көтөрүү (жогорулатуу).

**Изилдөнүн методдору:** коюлган максатарды жана милдеттерди чечүү үчүн заманбап ыкмалар менен техникалык каражаттар жана экструзивдик пресстөөчү жабдыктын жардамы менен теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн негиздери ишке ашырылды.

**Изилдөөлөрдүн натыйжалары жана илимий жанылыгы:** аткарылган изилдөөлөрдүн негизинде эффективдүүлүгү жогору болгон экструзивдүү пресстөөчү жабдык, иштеп чыгарылды, пресстөөчү механизминин кинематикалык анализ жүргүзүлүп, курулуш материалдарын чала кургак ыкмасы менен пресстеп чыгаруучу жабдыктын математикалык модели иштелип чыккан.

**Колдонуунун денгээли:** аткарылган илимий иштен колдонулуп алынган жыйынтыктардын негизинде өндүрүштөгү шарттарда тик экструзивдүү пресстөөчү жабдык иштеп кетүүсүн көрсөткөн жана көндөйү бар чала кургак аралашмадан курулуш кыштарын чыгарууну камсызданган.

Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер Академиясынын алдындагы Машина таануу институтунун, ЖИ «Акматов Ч.С.» прессти иштеп чыккандыгы тууралуу жана Кыргыз-россия славян университетинде илимий изилдөө иштерде жана окуу процессинде колдонулгандыгы боюнча актылар бар.

**Колдонулуучу тармактар:** илимий изилдөөнүн жыйынтыктарын чала кургак ыкмасы менен кыштарды пресстеп чыгаруучу жабдыктарды курулушта колдонууга болот.



## РЕЗЮМЕ

**диссертации Арыкбаева Канатбека Байышбековича на тему: «Обоснование параметров экструзивного прессового оборудования для производства строительного кирпича» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 - дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины**

**Ключевые слова:** пресс, формование, матрица, полусухое прессование, уплотнения, давление прессования, экструзивное формование, выпрессовка, геометрические размеры, сила трения, высота формируемого изделия.

**Объект исследования:** Экструзивное прессовое оборудование для производства строительного кирпича.

**Предмет исследования:** Параметры матрицы экструзивного прессового оборудования.

**Цель работы:** Целью диссертационной работы является повышение эффективности экструзивного прессового оборудования для полусухого формования строительного кирпича путем научно-обоснованного выбора его параметров.

**Методы исследования:** Для решения поставленной цели и задач использован комплексный метод, включающий теоретические и экспериментальные исследования, выполненные с применением современных методов и технических средств, а также результаты производственных испытаний экструзивного прессового оборудования.

**Полученные результаты и их новизна:** разработано и создано на уровне изобретения экструзивное прессовое оборудование для производства строительного кирпича методом полусухого прессования. Проведен полный кинематический анализ и разработана математическая модель процесса работы экструзивное прессовое оборудование для производства строительного кирпича методом полусухого прессования.

**Степень использования:** полученные результаты данной научной работы были реализованы, испытания вертикального экструзивного прессового оборудования в производственных условиях показали работоспособность и обеспечили выпуск строительного кирпича со сквозными пустотными отверстиями из полусухой смеси.

Имеются акты внедрения в Институте машиноведения НАН КР, ИП «Акматов Ч.С.» о разработке пресса и Кыргызско-Российском Славянском университете об использовании результатов НИР в учебном процессе

**Область применения:** результаты научных исследований можно использовать для масштабного производства качественного строительного кирпича способом полусухого формования.



## RESUME

**to Arykbaev Kanatbek Baiyshbekovich's thesis of dissertation on the topic: «The basis of parameters of the extrusive press equipment for production of a construction brick» for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.05.04 - road, construction and handling machineries**

**Key words:** press, molding, matrix, semi-dry pressing, compaction, pressing pressure, extrusion molding, bending, geometric dimensions, frictional force, height of the molded product.

**Object of the study:** Extrusion press equipment for the production of building bricks.

**Subject of research:** Parameters of the matrix extrusive press equipment.

**The purpose of the work:** The aim of the thesis is to increase the efficiency of extrusion press equipment for semi-dry forming of building bricks by scientifically substantiating selection of its parameters.

**Methods of research:** To solve the set goal and tasks, a complex method is used, including theoretical and experimental studies carried out using modern methods and technical means, as well as the results of production tests of extrusion press equipment.

**The obtained results and their novelty:** Extrusive pressing equipment for the production of building bricks using the semi-dry pressing method has been developed and developed at the level of the invention. A complete kinematic analysis has been carried out and a mathematical model of the extrusive pressing process has been developed for the production of construction bricks using the semi-dry pressing method.

**Degree of use:** the obtained results of this scientific work were realized, tests of vertical extrusion press equipment in production conditions showed efficiency and ensured the production of building bricks with through hollow holes from a semi-dry mixture.

There are acts of implementation at the Institute of Mechanical Engineering of the NAS of the Kyrgyz Republic, IE «Akmatov Ch.S.» on the development of the press and the Kyrgyz-Russian Slavic University on the use of the results of research in the educational process.

**Application area:** the results of scientific research can be applied to large-scale production of building bricks by the method of semi-dry molding.



**Арыкбаев Канатбек Байышбекович**

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРУЗИВНОГО  
ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА**

Специальность: 05.05.04 - дорожные, строительные  
и подъемно-транспортные машины

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Редактор: *А.Б.Аманкулова*

Подписано в печать 12.02.2020г.

Формат 60x84 1/16. Объем 1,25 уч.-изд.л.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ 786

---

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б  
Кыргызский государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры