

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ**

Диссертационный совет Д 05.11.043

На правах рукописи  
**УДК 621.01**

**Бабаева Адлия Халимджоновна**

**РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ  
ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ  
ИМПУЛЬСНЫХ ВАРИАТОРОВ ТИПА «ИВА»**

05.02.18 – «Теория механизмов и машин»

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Бишкек – 2013**

Работа выполнена на кафедре «Теория механизмов машин и детали машин» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
**Джуматаев Мурат Садырбекович**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Каримов Абдукадыр**

кандидат технических наук, доцент  
**Ильзов Омурбек**

**Ведущая организация:** Кыргызский государственный  
технический университет  
им. И. Раззакова (г. Бишкек, пр. Мира, 66)

Защита состоится « 26 » апреля 2013 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.11.043 при Институте машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23, Институт машиноведения НАН КР, диссертационный совет Д 05.11.043, e-mail: imash\_kg@mail.ru.

Автореферат разослан «22» марта 2013 г.

Телефон для справок: (0312)541149, факс: (0312)562785

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 05.11.043, к.т.н., с.н.с.



Квитко С.И.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В хлопкоочистительных машинах в качестве регулятора подачи семян на обработку широко применяются импульсные вариаторы типа «ИВА». От их надежной и устойчивой работы зависят равномерность подачи продукта, производительность машин и качество выпускаемой продукции. При работе импульсного вариатора происходит износ или поломка пружины, которые приводят к остановке работы привода. Вследствие чего в приводе целиком заменяют импульсный вариатор, либо муфту свободного хода. Для того чтобы повысить производительность и стабильность работы предлагаем применение составных пружин в вариаторе.

Анализ проведенных исследований показывает, что вопросы оптимизации конструкции импульсного вариатора типа «ИВА» и применение составных пружин в роликах муфты свободного хода изучены недостаточно. Таким образом, разработка рекомендаций по совершенствованию конструкции импульсных вариаторов типа «ИВА» является актуальной задачей, так как она отвечает требованиям промышленности при эксплуатации линтерных машин в хлопкоочистительной промышленности.

**Цель работы** заключается в разработке научно-обоснованных рекомендаций по совершенствованию конструкции импульсного вариатора типа «ИВА». Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить причины и характер отказов в импульсном вариаторе;
- разработать техническое решение позволяющее повысить эффективность и долговечность работы импульсного вариатора типа «ИВА»;
- разработать методику расчета параметров муфты свободного хода с составными пружинами;
- разработать методику экспериментальных исследований, создать лабораторный стенд и провести экспериментальные исследования муфты свободного хода в импульсном вариаторе на составных пружинах на созданном лабораторном стенде;
- выработать рекомендации по совершенствованию импульсного вариатора типа «ИВА» с использованием составных пружин;

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

- зависимость крутящего момента и его увеличения на валу муфты свободного хода импульсного вариатора от количества прутков пружин;
- зависимость для определения жесткости составных пружин;
- результаты экспериментальных данных, позволяющие рекомендовать предлагаемую конструкцию для использования на практике;
- конструкция узла импульсного вариатора типа «ИВА», новизна которой защищена патентами № ТЈ18, ТЈ19 Республики Таджикистан.

## Научная новизна полученных результатов:

- выявлены основные причины и характер отказов в импульсном вариаторе типа «ИВА», на основе которых разработаны рекомендации по повышению эффективности и долговечности работы импульсного вариатора типа «ИВА»;
- выведена зависимость крутящего момента импульсного вариатора от упругих свойств пружин у роликов муфты свободного хода, которая раскрывает резервы в эксплуатации импульсного вариатора в приводе;
- установлена закономерность определения жесткости составных пружин в импульсном вариаторе;
- выявлено, что применение составных пружин в роликах муфты свободного хода улучшают кинематические и динамические свойства импульсных вариаторов.
- создан экспериментальный лабораторный стенд, позволяющий произвести экспериментальные исследования работы муфты свободного хода импульсного вариатора на составных пружинах.

## Практическая значимость работы заключается в:

- разработке конструкции импульсного вариатора типа «ИВА» с применением составных пружин в роликах муфты свободного хода.
- разработке рекомендаций по повышению эффективности и долговечности работы импульсного вариатора.
- создании экспериментального стенда, на котором проводились исследования работы муфты свободного хода с применением составных пружин и получении результатов исследования.

## Личный вклад соискателя заключается в:

- разработке теоретико-методических положений для элементов научной новизны исследования, новых методик и подходов на всех этапах выполнения диссертации;
- непосредственном участии в реализации результатов теоретических исследований и разработке инженерных решений, имеющих практическую значимость;
- разработке рекомендаций по совершенствованию конструкции импульсного вариатора типа «ИВА» с применением составных пружин в упорных элементах муфты свободного хода;
- разработке конструкции узла импульсного вариатора типа «ИВА».

**Апробация работы.** Материалы диссертации докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях Таджикского технического университета; на международных научно-технических конференциях: «Сесияи 16 Шурои Олии Чумхурии Тоҷикистон» (Душанбе,

2002); «Перспективы развития науки и образования в XXI веке», (Душанбе, 2006); «Перспективы развития науки и образования в XXI веке» (Душанбе, 2008); «Перспективы развития науки и образования в XXI веке» (г. Душанбе, 2010); «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ» (г. Душанбе, 2011); на республиканских научно-технических конференциях: «Достижения в области химии и химической технологии», (Душанбе, 2002); «Прогрессивные методы производства», (Душанбе, 2009).

**Публикации.** Основные положения и выводы, сформулированные в диссертации, опубликованы в 18 научных работах, и 2-х патентах на изобретение.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка использованных источников и приложения. Содержание диссертации изложено на 122 страницах компьютерного набора, включая 8 таблиц, 49 рисунков, 5 приложений, библиографический список из 103 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность решаемой задачи, дана общая характеристика выполненной работы, изложены цель и задачи исследования, раскрываются научная новизна и практическая ценность работы, приведены сведения о результатах ее апробации, внедрении и основные положения, выносимые автором на защиту.

**В первой главе** содержатся материалы обзора и анализа научно-технической литературы по оптимизации конструкции импульсных вариаторов.

Приведены некоторые результаты исследований Андреева Г.И., Бассермана Н.Б., Кулешова Г.И., Курбановой Г.А., Мальцева Б.Ф., Сайфуллаева Х.А. и других ученых по вопросу усовершенствования импульсных вариаторов. В работах исследуются вариаторы типа «ИВА» и предлагается свои конструкции. В этих исследованиях отмечаются недостатки импульсного вариатора «ИВА». К существенным недостаткам относят: износ контактирующих рабочих поверхностей, неравномерность вращения ведомого вала вариатора, износ пружины в упорных элементах и т.д. Однако полностью не вскрыты причины износа. Проведен анализ известных научных работ по тематике исследования. Установлено, что в них не проводились комплексные исследования импульсных вариаторов, не выявлена конструкция импульсного вариатора,

отвечающая современным требованиям оптимальной конструкции и равномерного питания в приводе питателем хлопкоочистительных машин. Очевидно, что для повышения производительности и стабильности работы, следует создать условия, при которых преждевременный износ деталей вариатора будет минимальным. По результатам проведенного анализа определены цель и задачи исследования.

**Во второй главе** рассматривается работа импульсного вариатора на составных пружинах, усилия, возникающие в пружинах муфты свободного хода типа «ИВА», приводится новая зависимость крутящего момента на валу с учетом характеристики пружин упорного элемента муфты свободного хода.

До настоящего времени причину остановки вала в муфте свободного хода (МСХ) импульсного вариатора относили к износу кольца ее внутренней обоймы, пластин коромысел и звездочки. Исследования показали, что основной причиной преждевременного выхода из строя, является потеря жесткости пружины в роликах муфты, так как степень их сжатия не регулируется. Для увеличения жесткости винтовых пружин и

воспринимаемой нагрузки, предложено применение составной пружины (рис. 1). Для пружин с одинарным прутком жесткость  $G$  определяется согласно выражению:

$$G = \frac{8P \cdot D^3 \cdot i}{\lambda \cdot d^4}, \quad (1)$$

где  $P$  – осевая сила;  $D$  – диаметр составных пружин;  $i$  – число рабочих витков пружин;  $\lambda$  – осевое перемещение пружин под действием осевой силы;  $d$  – диаметр проволоки (прутка) пружины.

Для пружин со многими слоями прутков, т.е. составных пружин, в нашем случае, формула (1)

должна иметь возможность учета количества слоев составных пружин и поправочного коэффициента  $K$ , учитывающего явление трения между прутками составных пружин и определяемого экспериментальным путем.

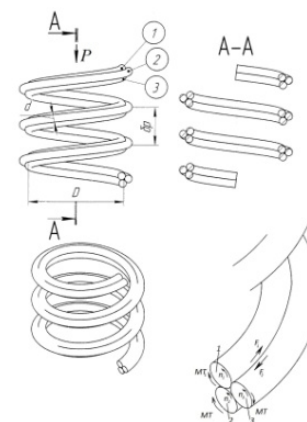


Рис. 1 – Составная пружина

Коэффициент  $K$  зависит, главным образом, от количества прутков, контактных линий и материала. Для составных витых пружин жесткость  $G_c$  определяем как

$$G_c = n_c \cdot G + n_c \cdot G \cdot K = n_c G(1 + K), \quad (2)$$

где  $n_c$  – число прутков составной пружины;  $G$  – жесткость одного прутка пружины.

С учетом (1) выражение (2) принимает вид:

$$G_c = \frac{8P \cdot D^3 \cdot i \cdot n_c(1 + K)}{\lambda \cdot d^4}. \quad (3)$$

Анализ зависимости (3) позволил сделать вывод о целесообразности применения составных пружин в роликах муфты свободного хода. Из формулы (3) видно, что жесткость составных пружин прямо пропорционально также и к числу прутков и коэффициенту  $K$ . Осевая упругая сила  $P$  для пружин с одним прутком равна:

$$P = \frac{\lambda G d^4}{8 D^3 \cdot i}.$$

При этом суммарная осевая упругая сила  $P_c$  для составных пружин равна:

$$P_c = n_c \cdot p + n_c \cdot p \cdot K = n_c p(1 + K) \quad (4)$$

$p$  – осевая сила одного прутка пружины.

С учетом (2) выражение (3) примет вид:

$$P_c = \frac{\lambda G d^4}{8 D^3 \cdot i} \cdot n_c(1 + K) \quad (5)$$

Эффект трения качения и скольжения в составных пружинах заключается в следующем: верхний слой составной пружины давит на нижний (или соседний) слой (пруток) пружины частью силой  $P$ . Благодаря действию этой силы, в контактирующих частях возникают момент и сила трения. Они, как бы притормаживая, оказывают отрицательное влияние на относительное движение слоя пружины. Это явление способствует увеличению суммарной жесткости составных пружин пропорционально величине сил и моментов трения.

Таким образом, применение составных пружин дает возможность увеличения суммарной жесткости составных пружин, равной пропорционально количеству слоев пружин, а также на дополнительную величину от сопротивления трения качения и скольжения между слоями (пру-

тками) составных пружин. При усилении  $P$  все прутки своими противоположными движениями по кругу и по длине создавая трение качения и трение скольжения между собой (по всей своей длине) резко увеличивают общую жесткость прутков. Из-за появления момента сопротивления качения между прутками при явлении кручения от прижимной силы « $P$ » пружины, по всей его длине возникает  $M_{тр}$ , что является резервом для создания жесткости. Чем больше прутков, тем больше  $M_{тр.кон.}$  и  $F_{тр.сл.}$ , следовательно и больше общая жесткость пружины при равных суммарных площадях в сечении прутков пружин. Применение составных пружин заметно увеличивает их жесткость, при этом отпадает необходимость частой замены пластин коромысел и звездочек муфты свободного хода.

В инженерной практике представляет интерес определение численной зависимости действия усилия на поверхности роликов муфты свободного хода. Наличие пружин способствует улучшению работы роликов в муфте свободного хода импульсного вариатора типа «ИВА». В пружинном механизме, установленном в роликах муфты свободного

хода импульсного вариатора, совершающее импульсное движение, рабочий ход  $S$  осуществляется силой  $P$  пружины. Сила пружины, перемещающаяся частью массы  $m$  (рис. 2), приведенная к одному пружинному механизму задается известной зависимостью:

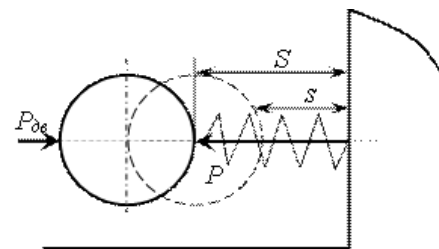


Рис. 2 – К расчету пружинного устройства режима муфты свободного хода

$$P = P_0 \left( 1 - \frac{s}{S} \right), \quad (6)$$

где  $P_0$  – начальная величина силы сжатой пружины;  $S$  – полный ход наконечника пружины у упорного элемента муфты свободного хода;  $s$  – текущее перемещение наконечника пружинного механизма. Движение пружинного узла начинается из состояния покоя, то есть при  $S = 0$  и  $\frac{dS}{dt} = 0$ .

Для решения задачи используем уравнение кинетической энергии. Так как сила  $P$  есть величина переменная, то работа движущихся сил будет равна сумме элементарных работ на отдельных перемещениях элементарной массы ролика по оси пружин. Обозначим отдельные перемещения элементарной массы ролика муфты свободного хода по оси пружин через  $x$ , тогда работа будет равна:

$$\int P dx = \int P_0 \cdot \left(1 - \frac{x}{S}\right) dx. \quad (7)$$

Суммарная сила, действующая на все пружинные механизмы со стороны упорного элемента муфты свободного хода, очевидно равна силе, действующей на один пружинный механизм и умноженный на количество пружинных механизмов, установленных по всему периметру упорного элемента муфты свободного хода типа «ИВА», то есть

$$P_{св} = \frac{Sm\pi^2}{4t_{cp}^2} \cdot \left(1 - \frac{s}{S}\right) \cdot n_{np}, \quad (8)$$

где  $m$  – приведенная к одной пружине наконечника масса ролика;  $t_{cp}$  – среднее время перемещения наконечника пружины;  $n_{np}$  – число пружинных механизмов (узлов) на периферии упорного элемента муфты свободного хода.

Крутящий момент на валу с учетом характеристики пружин у упорного элемента муфты свободного хода определяем двумя методами.

1. Определение крутящего момента методом применения теории синусов: Для определения крутящего момента составим расчетную схему и план сил (рис. 3 а, б).

На рис. 3 б. позиции  $R_{np}$  – сила упругости пружины ролика;  $R_{1-2}$  – результирующая сила от обоймы к ролику;  $R_{3-2}$  – результирующая сила от звездочки к ролику;  $M_{кр}$  – крутящий момент МСХ;  $\gamma, \psi, \delta$  – углы между векторами сил;  $\theta$  – угол трения.  $R_{np}$  – сила упругости пружины ролика;  $R_{1-2}$  – результирующая сила от обоймы к ролику;  $R_{3-2}$  – результирующая сила от звездочки к ролику;  $M_{кр}$  – крутящий момент МСХ;  $\gamma, \psi, \delta$  – углы между векторами сил;  $\theta$  – угол трения. В этом случае

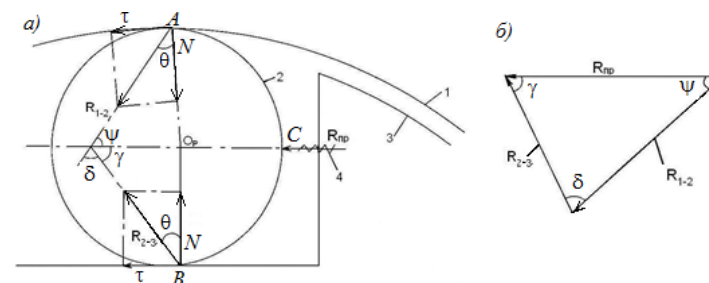


Рис. 3 – Расчетная схема муфты свободного хода импульсного вариатора: 1 – обойма МСХ; 2 – ролик МСХ; 3 – звездочка МСХ; 4 – пружина ролика

приняли закон равновесия упорного элемента от приложенных к нему сил. Рассматривая рис. 3 б, имеем формулу:

$$\frac{R_{np}}{\sin \delta} = \frac{R_{3-2}}{\sin \psi} = \frac{R_{1-2}}{\sin \gamma}. \quad (9)$$

Отсюда определим значения

$$R_{np} = \frac{R_{3-2} \cdot \sin \delta}{\sin \psi}. \quad (10)$$

Усилия в пружинах при работе вариатора определяем согласно выражению:

$$R_{np-2} = \frac{M_{кр} \cdot \sqrt{1 + tg^2 \theta} \cdot \sin \delta}{\left[ z \cdot (c + r) tg \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \sin \psi}. \quad (11)$$

Из формулы (11) определяем крутящий момент

$$M_{кр} = \frac{R_{np-2} \left[ z(c + r) tg \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \sin \psi}{\sqrt{1 + tg^2 \theta} \cdot \sin \delta}. \quad (12)$$

Из формулы (12) вытекают новые выводы о том, что то есть на величину передаваемого вариатором крутящего момента существенно оказывает влияние жесткость пружин у роликов муфты свободного хода, причем увеличение усилий пружины вызывает увеличение крутящего момента.

2. Второй метод определения крутящего момента в импульсных вариаторах типа «ИВА» с учетом упругих свойств пружин. Для решения задачи берем сумму моментов от всех сил, действующих на ролик, относительно точки  $B$  (рис. 4):

$$\sum M_{(P)B} = 0, \text{ т.е. } R_{np-2} \cdot r + R_{1-2} \cdot BB' = 0 \quad (13)$$

или из выражения (13) определим:

$$R_{1-2} = \frac{R_{np-2}}{2 \sin \theta} \quad (14)$$

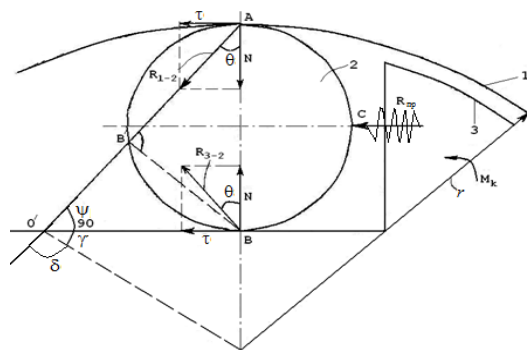


Рис. 4 – Определения крутящего момента импульсного вариатора типа «ИВА»

В выражении (14) значения реакции  $R_{1-2}$  можно выразить через крутящий момент, то есть

$$M_{kp} = R_{1-2} \cdot OO' = R_{1-2} \cdot AO \sin \theta = R_{1-2} R \sin \theta$$

Крутящий момент по целому коромыслу или вариатору получим при умножении на число коромысел:

$$M_{kp} = z \cdot R_{1-2} \cdot R \sin \theta, \quad (15)$$

где  $M_{kp}$  – крутящий момент на одном коромысле,  $z$  – число роликов.

Значение  $R_{1-2}$  из (14) подставляем в (15) и получаем зависимость для определения крутящего момента муфты свободного хода импульсного вариатора:

$$M_{kp} = \frac{1}{2} z \cdot R_{np-2} \cdot R, \quad (16)$$

где  $R_{np-2}$  – сила упругости пружины;  $R$  – радиус обоймы.

Из (16) также видно, что увеличение упругих свойств (жесткости) пружин в роликах муфты свободного хода (МСХ) вызывает увеличение крутящего момента на валу муфты свободного хода. Учитывая выводы, вытекающие из теоретического анализа работы муфты свободного хода с учетом упругих свойств пружин у упорного элемента, можно заключить, что с увеличением количества прутков пружин увеличивается крутящий момент.

В третьей главе выявлены причины отказа работы импульсного вариатора и проведены экспериментальные исследования импульсного вариатора на составных пружинах и по полученным результатам построен график крутящего момента в зависимости от количества прутков пружин.

С целью исследования причин и способов устранения отказов деталей импульсного вариатора типа «ИВА» в сопоставлении основного технологического оборудования хлопкозаводов составлена структурная схема питающих устройств. Такая схема включает ряд подсистем I, II, III, отказ которых приводит к отказу системы. В свою очередь ряд подсистем состоит из групп (1, 2, ...), отказ которых также приводит к отказу системы. Таким образом, питающие устройства определяются работой его элементов, которые зависят от способа их соединения. Наблюдения показали, что чаще всего, хлопкозаводы простаивают по причине отказов технического оборудования. Типовые отказы импульсного вариатора типа «ИВА» согласно логической схеме показаны в табл. 1, на рисунке 5 представлены фотографии типичных отказов импульсных вариаторов типа «ИВА». Из таблицы и рис.5 следует, что основной при-



чиной отказа работы импульсного вариатора типа «ИВА», является износ узлов и деталей.

Таблица 1 – Типовые отказы импульсного вариатора

Узлы и детали	Краткая характеристика отказа
Коромысло	Предельный износ, выпадение пластины
Пластина коромысла	Износ, выпадение крепежного винта
Пружина	Поломка, потеря жесткости
Внешняя обойма	Износ беговых дорожек
Ролик МСХ	Износ и выкрашивание
Регулировочный валик	Износ рабочих поверхностей, изгиб ролика
Пластинка внут. обоймы	Износ контактных поверхностей
Подшипник	Поломка сепаратора, отсутствие смазки



Рис. 5 – Типичные отказы импульсных вариаторов типа «ИВА»

В соответствии с поставленной целью разработана и изготовлена экспериментальная установка для исследования импульсных вариаторов типа «ИВА» (рис. 6). Экспериментальная схема для определения кинематических параметров вариатора (рис. 7) состоит из электродвигателя постоянного тока 1, предназначенного в качестве привода вариатора 8, ком-

пенсирующей муфты 2 с насаженным на него реохордовым датчиком 3, компенсирующей муфты с насаженным на него токосъемником 4 с мостовой схемой 5, измерительным валиком 6, компенсирующей муфты 7, вариатора 8, ленточного тормоза 9, муфты свободного хода вариатора 12 с мостовой схемой 13, 4-х канального тензометрического усилителя 14, шлейфового осциллографа типа Н-700 (НО41) 15, выпрямителя 16, мостовой схемы реохорда 17, мультипликатора 10 и токогенератора 11.

Принцип работы экспериментальной установки заключается в следующем: крутящий момент от электродвигателя передается через компенсирующую муфту, где расположены реохордовый датчик и токосъемные кольца, на измерительный валик, на котором наклеены проводочные тензодатчики, собранные в мостовую схему, что позволяет измерить крутящий момент на ведущем валу вариатора. Сигналы от датчиков поступают через усилитель на осциллограф, где на фотобумаге фиксируются изменения крутящих моментов.

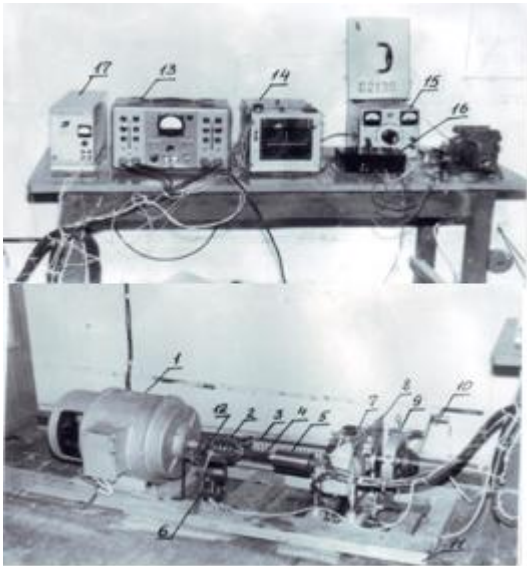


Рис. 6 – Специальный стенд

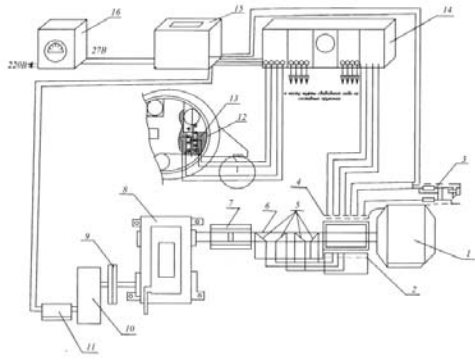


Рис. 7 – Экспериментальная схема

По полученным результатам построены графики, показанные на рисунках 8–11. В зависимости от изменения количества прутков пружин был определен оптимальный вариант работы муфты свободного хода на составных пружинах. По результатам экспериментального исследования построена диаграмма зависимости крутящего момента от числа оборота вала МСХ с учетом количества прутков пружин в трех вариантах.

При одном прутке пружины у упорного элемента с уменьшением числа оборота ведомого вала увеличивается крутящий момент, который достигает значения 3,2 Н.м. При наличии до трех прутков пружин у упорного элемента максимальная величина крутящего момента достигает значения 8 Н.м.

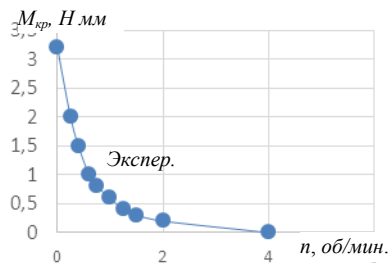


Рис. 8 – Зависимость крутящего момента  $M_{кр}$  от числа оборотов вала  $n$  при 1 пружине

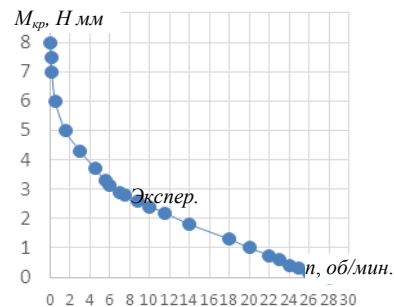


Рис. 9 – Зависимость крутящего момента  $M_{кр}$  от числа оборотов вала  $n$  при 3-х пружинах.

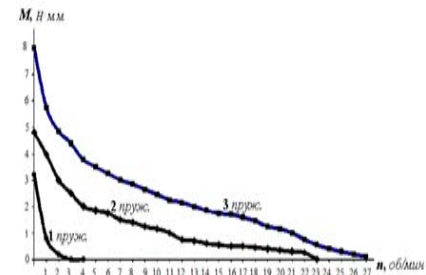


Рис. 10 – Зависимость крутящего момента  $M_{кр}$  от числа оборотов вала  $n$  МСХ при различном числе пружин

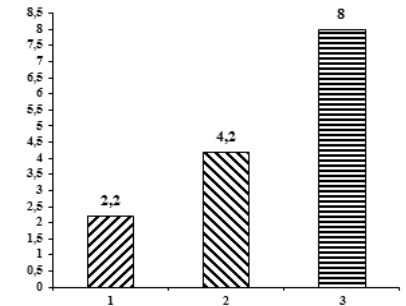
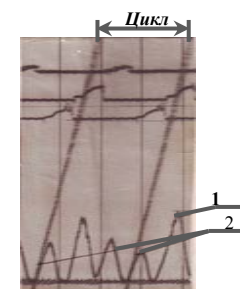


Рис. 11 – Зависимость крутящего момента  $M_{кр}$  от количества прутков пружин.

Согласно методике эксперимента были проведены испытания импульсного вариатора типа «ИВА» на вышеуказанной установке. В результате проведения эксперимента получены осциллограммы (рис. 12, 13) экспериментального исследования импульсного вариатора «ИВА» при наличии пружин у упорного элемента муфты свободного хода.

В осциллограммах экспериментального исследования импульсного вариатора, можно рассмотреть, что увеличение крутящего момента на ведомом валу муфты свободного хода происходит за счет увеличения количества прутков пружин, то есть составных пружин.



1 – крутящий момент на ведомом валу,  
2 – угол поворота ведущего вала за один цикл

Рис. 12 – Осциллограмма экспериментального исследования импульсного вариатора «ИВА» при одной пружине

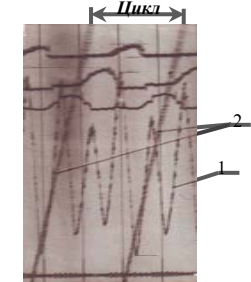


Рис. 13 – Осциллограмма экспериментального исследования импульсного вариатора «ИВА» при наличии 3-х пружин

Таким образом, исходя из результатов испытания, приходим к заключению, что рационально использовать составную пружину у упорного элемента муфты свободного хода в импульсном вариаторе.



В четвертой главе рассматривается конструкция импульсного вариатора на составных пружинах в муфте свободного хода.

Предлагаемая конструкция выполнена в виде конструкции: направлятель толкателя муфты свободного хода импульсного вариатора выполнен ступенчатым: в нижней части – по диаметру толкателя с необходимым рабочим зазором и в верхней части – по наибольшему диаметру составной пружины и шайбы с возможностью их сборки его в направлятель для поддержания необходимой жесткости пружин в роликах муфты свободного хода. Наличие изменений позволяет повысить надежность импульсных вариаторов. Такая конструкция способна обеспечить заданную жесткость пружин путем замены одиночных пружин составными и вставкой необходимого количества шайб в полость верхнего направлятеля, стенки которого не позволяют чрезмерно расширяться пружине по ее допустимому диаметру. Предлагаемый импульсный вариатор на составных пружинах в муфте свободного хода представлен в виде схемы (рис. 14).

На рисунке показана муфта свободного хода импульсного вариатора в увеличенном развернутом виде узла толкателя вариатора на составных пружинах.

Вариатор состоит из корпуса, в котором размещен ведущий эксцентриковый вал 1, ведомый вал 12 с установленным на нем

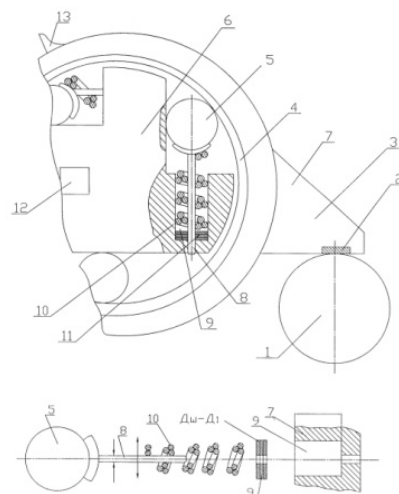


Рис. 14 – Муфта свободного хода на составных пружинах

механизмом свободного хода 6 обгонной муфты, качающийся толкатель 3, связанный одним концом через пластинки 2 с ведущим звеном 1 и другим концом – с муфтой свободного хода 6. Между плоскими гранями обгонной муфты 6 и кольцом 4 коромысел вставлены пять заклинивающих роликов 5 с толкателем 8 и пружины 10, а также шайбы 11. Толкатель 8 проходит через направлятель 9 буртика 7 обгонной муфты 6. Направлятель 9 выполнен ступенчатым, разного диаметра (дно – по диаметру толкателя, а верхняя часть – по диаметру составных пружин 10 и шайб), в полость 9 направлятеля входят шайбы 11, составные пружины 10 и толкатель 8. На практике при ухудшении контакта между кольцом 4, роликом 5 и поверхностью пластинки 6 муфты прибегают к замене этих элементов или всего вариатора, так как считается, что нарушение в работе вариатора вызвано дефектами поверхности указанных элементов.

Как было сказано выше, импульсные вариаторы применяются для импульсного изменения скорости вращения импульсного механизма при постоянной скорости эксцентрикового вала. Так как число оборотов эксцентрикового вала постоянно, то есть  $n_{\text{экс.}} = 280 \text{ об/мин}$ , и число оборотов вала муфты свободного хода в пределах от  $28 \text{ об/мин}$  до нуля, то в этом случае передаточное число вариатора  $U$  находится в пределах  $10 \dots 215$ . Передаточное число зависит от угла поворота кулачка регулятора  $\gamma$ , изменяющегося от  $0$  до  $65^\circ$ , угла подъема коромысла  $\psi$ , который в существующих конструкциях находится в пределах от  $8^\circ 20'$  до  $8^\circ 31'$ . Направление вращения вала импульсного механизма в таких вариаторах не зависит от направления вращения эксцентрикового вала. Муфта свободного хода обеспечивает передачу движения в одну сторону. Изменение передаточного числа достигается за счет изменения угла размаха кулачка. С увеличением угла кулачка размах коромысла уменьшается, соответственно уменьшается скорость импульсного механизма, а при уменьшении угла кулачка процесс протекает наоборот. Самое большое преимущество данного вариатора это высокое передаточное число.

По сравнению с прототипом предлагаемая конструкция позволила повысить надежность импульсных вариаторов на 20-30%.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В результате выполненных исследований решена актуальная задача по разработке и совершенствованию конструкции импульсных вариаторов типа «ИВА», имеющее большое значение для хлопковой промышленности. На основании проведенных работ можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Установлено, что вопросы оптимизации конструкции импульсного вариатора типа «ИВА» и применение в них составных пружин в роликах муфты свободного хода изучены недостаточно. Отсутствуют рекомендации практического характера и соответствующих теоретических разработок.

2. Получена зависимость крутящего момента импульсного вариатора от упругих свойств пружин в муфте свободного хода, которая раскрывает резервы в эксплуатации импульсного вариатора в приводе; и жесткости составных пружин от их количества, которая способствует выявлению возможности сохранения и стабильности работы импульсного вариатора и качества продукции.

3. Выявлены причины и характер отказов в импульсном вариаторе типа «ИВА»: потеря жесткости пружины, износ и выпадение пластины коромысла, поломка сепаратора подшипника, износ беговых дорожек внешней обоймы, износ ролика МСХ. Установлено, что основной причиной отказов является износ узлов и деталей импульсного вариатора типа «ИВА». Разработаны рекомендации по повышению надежности импульсного вариатора.

4. Выявлено, что в производственных условиях уменьшение крутящего момента импульсного вариатора происходит из-за уменьшения жесткости пружин, а не износа пластинки у коромысла или у звездочек муфты свободного хода, как считали на практике.

5. Показано, что самым рациональным вариантом схемы механизма является схема, в которой имеется составная пружина, состоящая из трех пружин в упорном элементе муфты свободного хода.

6. Разработана и рекомендована к внедрению конструкция узла «ИВА», которая отличается от существующих тем, что она способна обеспечить заданную жесткость пружин путем замены одиночных пружин составными и вставкой необходимого количества шайб в полость верхнего направлятеля. По сравнению с прототипом предлагаемая конструкция позволит повысить надежность импульсных вариаторов на 20-30%.

#### **Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах**

1. **Бабаева А.Х.** Аналитическое определение крутящего момента на валу муфты свободного хода «ИВА» с учетом характеристики пружин и роликов [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х. // Сборник научных трудов кафедры ТММ и ДМ., Душанбе, 1999. – С. 13–14.

2. **Бабаева А.Х.** Исследование кинематики импульсного вариатора типа «ИВА» при работе ролика муфты свободного хода на составных пружинах. [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х. // Сборник научных трудов кафедры ТММ и ДМ., Душанбе, 1999. – С. 15–17.
3. **Бабаева А.Х.** К расчету составных винтовых пружин круглого сечения [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х. // Мат. Междунар. практ. конф. посвящ. 10-летию «Сесияи 16 Шӯрои Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон» (12 созыва), Душанбе, 2002. – С. 86.
4. **Бабаева А.Х.** Безотходная технология и решение экономических проблем в хлопковой промышленности. [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х., Сафаров Ф., Зульфганов Ф. // Мат. Респ. конф. «Достижения в области химии и химической технологии», Душанбе, 2002. – С. 180–181.
5. **Бабаева А.Х.** Исследование импульсного вариатора с учетом характеристики составных пружин [Текст]. / Бабаева А.Х. // Доклады Академии наук Республики Таджикистан, том XLVIII, № 9–10, Душанбе, 2005. – С. 105–109.
6. **Бабаева А.Х.** Теоретические основы динамика вращения сырцового валика по слоям при пильном дженировании хлопка [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х. // Доклады Академии наук Республики Таджикистан, том XLVIII № 9–10, Душанбе, 2005. – С. 111–115.
7. **Бабаева А.Х.** Аналитическое определение усилий в пружинном механизме муфт сводного хода [Текст]. / Бабаева А.Х. // Матер. II –й Межд. науч.-практ. конф. посвященному 50-летию ТТУ(ТПИ), «Перспективы развития науки и образования в XXI веке», Душанбе, 2006. – С. 310–311.
8. **Бабаева А.Х.** Работа импульсного вариатора на составных пружинах [Текст]. / Бабаева А.Х. // «Естественные и технические науки», Научно-теоретический журнал, № 3(29), Москва, 2007. – С. 54–55.
9. **Бабаева А.Х.** Исследование отказов узлов и деталей ИВА в сопоставлении основного технологического оборудования [Текст]. / Бабаева А.Х. // «Естественные и технические науки», Научно-теоретический журнал, № 4, Москва, 2008г. – С. 271–272.
10. **Бабаева А.Х.** К вопросу динамика вращения сырцового валика по слоями при пильном дженировании хлопка [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х. // Вестник Таджикского технического университета. Науч.-теор. журнал ТТУ № 1, Душанбе, 2008 г. – С. 36–39.
11. **Бабаева А.Х.** Импульсный вариатор [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х., Рузибоев Х.Г. // Патент на изобретение №ТJ 18 от 12 июля 2005 г.

12. **Бабаева А.Х.** Поточная линия по переработке хлопка-сырца и волокна на хлопкоочистительном заводе в режиме безотходного производства [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х., Рузибоев Х.Г. // Патент на изобретение №ТЈ19 от 12 июля 2005 г.
13. **Бабаева А.Х.** К вопросу определения закона движения хлопка и семян при пыльном дженировании (для идеального случая) [Текст]. / Бабаева А.Х., Саидов Х. // Матер. III-й Междунар.научн.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования в XXI веке» Тадж. техн. ун-т, 22–24 мая 2008 г. Душанбе, 2008. – С. 237–240.
14. **Бабаева А.Х.** Определение усилий действующие в пружинах муфты свободного хода «ИВА» [Текст]. / Бабаева А.Х. // Матер. Респ. науч.-практ. конф. «Прогрессивные методы производства» посвящённой 35-летию кафедры «ТММС и И» Тадж. техн. ун-т, Душанбе, 2009. – С. 146–149.
15. **Бабаева А.Х.** Расчет термодинамических свойств смазочных материалов при использовании вариаторов и редукторов [Текст]. / Бабаева А.Х., Сафаров М.М. // Матер. IV-й Междунар.научн.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования » Тадж. техн. ун-т, Душанбе, 2010. – С. 156–161.
16. **Бабаева А.Х.** К вопросу исследования проектирования составных пружин [Текст]. / Бабаева А.Х.// Матер. V-й Междунар.научн.-практ. конф. «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высшей учебной заведений СНГ», часть 1, Душанбе, 2011. – С. 406–409.
17. **Бабаева А.Х.** К определению усилий в муфте свободного хода [Текст]. / Бабаева А.Х., Джуматаев М.С. // Журнал «Известия» КГТУ им. И. Раззакова, № 26, Бишкек, 2012.– С. 104–106.
18. **Бабаева А.Х.** Влияние упругих параметров на передачу нагрузок муфтой свободного хода [Текст]. / Бабаева А.Х. // Журнал «Известия» КГТУ им. И. Раззакова, № 26, Бишкек, 2012 – С. 107–109.
19. **Бабаева А.Х.** Экспериментальные исследования импульсного вариатора на составных пружинах [Текст]. / Бабаева А.Х., Джуматаев М.С. // Журнал «Машиноведение» Сборник научных трудов, выпуск 8, Бишкек: Илим, 2013. – С.139–143.
20. **Бабаева А.Х.** Анализ причин отказов деталей импульсного вариатора типа «ИВА» и предложения по их устранению [Текст] / Бабаева А.Х. // Журнал «Машиноведение» Сборник научных трудов, выпуск 8, Бишкек: Илим, 2013. – С. 143–148.

**Бабаева Адлия Халимджоновнанын техникалык илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасына ээ болуу үчүн 05.02.18 –  
Механизмдердин жана машинелердин теориясы адистиги боюнча  
«ИВА түрүндөгү соккулук вариаторлордун түзүлүшүн жакшыртуу  
боюнча илимий негизделген сунуштарды иштеп чыгуу» темасында  
жазылган диссертациясынын  
КЫСКАЧА МАЗМУНУ**

**Ачкыч сөздөр:** түзүлмө серпилгич, эркин жүрүүчү кошкуч, тирелме элемент, соккуч вариатор, серпилгич механизм.

**Изилдөө объектиси:** пахта тазалоочу машиненин кыймыл келтиргичинин соккулук вариаторунун эркин жүрүшүнүн кошкучу.

**Иштин максаты:** «ИВА» түрүндөгү соккулук вариаторлордун түзүлүшүн жакшыртуу боюнча сунуштарды иштеп чыгаруу.

**Изилдөө ыкмалары жана аппаратурасы:** дифференциалдык жана интегралдык эсептөө ыкмалары, теориялык механиканын жана механизмдердин жана машинелердин теориясынын ыкмалары, осциллографиялоо ыкмасы колдонулган. Өлчөөлөр үчүн төмөнкү өлчөгүч каражаттары пайдаланган: реохордалык билдиргич, тахогенератор, акселерометр, Н-700 жарык шоолалык осциллографы, 6513 түзөткүчү, азыктандыруучу блок.

**Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы.** «ИВА» түрүндөгү соккулук вариатордун иштен чыгуусунун негизги себептери аныкталды, анын ишенимдүүлүгүн жогорулатуу боюнча сунуштар иштеп чыгарылды. Серпилгичтин ийкемсиздигине көз караштуу эркин жүрүүчү кошкучтун октолгоочундагы ийин күчтүн өзгөрүшү аныкталды жана соккулук вариатордун түзүлмө серпилгичтеринин ийкемсиздигинин көзкарандылыгы таап алынды, бул көзкарандылык соккулук вариатордун тынымсыз иштөөсүнө жана аны сактоо мүмкүнчүлүгүн аныктоого көмөктөшөт. Жаңылыгы Тажик Республикасынын патенттери менен корголгон «ИВА» түрүндөгү соккулук вариатордун түйүнүнүн түзүлүшү иштеп чыгарылды жана өндүрүштө колдонууга сунушталды. Түзүлмө серпилгичтүү соккуч вариатордун эркин жүрүүчү кошкучунун иштөөсүн изилдөөгө мүмкүнчүлүк түзүүчү вариатордун кинематикалык параметрлерин аныктоо үчүн принципиалдуу сөлөкөт иштеп чыгарылды.

**Колдонуу даражасы:** алынган жыйынтыктар ГУПО «Таджиктекстильмаш», ЖАК «Сомон-Тачхизот» заводдорунда жана Тажик техникалык университетинде инженер-механиктерди даярдоодо окуу жараянында өндүрүшкө киргизилген.

**Колдонуучу аймактар:** пахта тазалоочу заводдорунда чийки-пахтаны иштетүү технологиясында.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Бабаевой Адлии Халимджоновны на тему «Разработка научно – обоснованных рекомендаций по совершенствованию конструкций импульсных вариаторов типа ИВА» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18. –

Теория механизмов и машин

**Ключевые слова:** составная пружина, муфта свободного хода, упорный элемент, импульсный вариатор, пружинный механизм.

**Объект исследования:** муфта свободного хода импульсного вариатора привода хлопкоочистительной машины.

**Цель работы:** разработка рекомендаций по совершенствованию конструкции импульсного вариатора типа «ИВА».

**Методы исследования и аппаратура:** использовались методы дифференциального и интегрального исчисления, методы теоретической механики и теории механизмов машин, ли метод осциллографирования. Для измерения были использованы средства измерения: реохордовый датчик, тахогенератор, акселерометр, светолучевой осциллограф типа Н-700, выпрямитель 6513, блок питания, реле времени.

**Полученные результаты и их новизна.** Выявлены основные причины и характер отказов в импульсном вариаторе типа «ИВА», разработаны рекомендации по повышению его надежности. Установлена зависимость крутящего момента на валу муфты свободного хода вариатора от жесткости пружин и зависимость для определения жесткости составных пружин импульсного вариатора, которая способствует выявлению возможности сохранения и стабильности работы импульсного вариатора. Разработана и рекомендована к внедрению конструкция узла импульсного вариатора типа «ИВА», новизна которой защищена патентами Республики Таджикистан. Создана принципиальная схема для определения кинематических параметров вариатора, позволяющая произвести исследование работы муфты свободного хода импульсного вариатора на составных пружинах.

**Степень использования:** полученные результаты внедрены на заводах ГУПО «Таджиктекстильмаш», ЗАО «Сомон - Тачхизот» и в учебном процессе Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими при подготовке инженеров-механиков.

**Область применения:** технология обработки хлопка-сырца на хлопкоочистительных заводах.

## SUMMARY

dissertation Babayeva Adlii Halimdzhonovny on "Development of science - based recommendations for improving the design of impulse type CVTs IVA" for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.02.18.-Theory of mechanisms and machines.

**Keywords:** composite spring, freewheel, thrust element, pulse variator spring mechanism. Object of study: work clutch with persistent element in composite springs in the drive pulse variator ginning machines.

**Objective:** To develop evidence-based recommendations for improving the design of the pulse type variator "IVA" with the use of composite springs in freewheel, meeting the requirements of the cotton industry.

**Research methods and equipment:** using methods of differential and integral calculus, methods of theoretical mechanics and mechanisms of machines, whether the method oscilloscope. Were used for the measurement instrumentation: reohordovy sensor, tachometer, accelerometer, svetoluchevoy oscilloscope type H-700, 6513 rectifier, power supply, timer.

**Results and novelty.** On the basis of theoretical and experimental research results are as follows: find the root cause and the nature of failures in pulse type variator "IVA", based on the recommendations which are designed to improve the reliability of pulse type variator "IVA". Established regularity shaft torque clutch variator depending on the stiffness of the springs disclose reserves in the drive pulse of the variator. The dependence to determine the stiffness of composite springs pulse variator. Established regularity stiffness composite springs helps to identify opportunities for conservation and the stability of the pulse of the variator. Developed and recommended the introduction of design node impulse type variator "IVA", the novelty of which is protected by patents № TJ18, TJ19 Tajikistan. Created the concept, allows an investigation of the clutch pulse variator on composite springs.

**Degree of use:** Results of the research introduced in factories GUPO "TAJIKTEXTILMASH", JSC "Someone - Tachhizot" in the educational process TTU Academician M.S. Osimi the preparation of Mechanical Engineers.

**Scope:** processing technology in cotton ginneries.



Подписано в печать 20.02.13. Формат 60×84<sup>1/16</sup>  
Офсетная печать. Объем 1,5 п.л.  
Тираж 150 экз. Заказ 268.

Отпечатано в типографии КРСУ  
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2