

УДК 621.431

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ
С ИЗМЕНЁННЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ
RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES
OF WEAR RESISTANCE OF DETAILS WITH THE
CHANGED PHYSICOMECHANICAL CHARACTERISTICS
OF THE SURFACE OF FRICTION

И.Р. Салахутдинов, А.Л. Хохлов, А.А. Глуценко, К.У. Сафаров
I.R. Salahutdinov, A.L. Chochlov, A.A. Glushenko, K.U. Safarov
Ульяновская ГСХА
Ulyanavsk state academy of agriculture

The basic source of losses on friction in an internal combustion engine is the cylinder-piston group. It is necessary to enter additional operations on increase of wear resistance of sleeves of cylinders. Comparative laboratory researches have been lead by the machine of friction 2070 CMT-1. The lead comparative tests have shown decrease in deterioration of samples with the changed physicomechanical properties of a surface of the friction, received due to creation in a body of the sample of cross-section layers from nonferrous metal.

В сельское хозяйство поступают автомобили с двигателями большой агрегатной мощности, имеющими высокую тепловую и механическую напряжённость, они наиболее требовательны к поддержанию нормальных установочных регулировок, качеству топлива и масла, температурному режиму. Совокупность этих требований по-новому ставят задачу контроля основных показателей их работы и достижения, заданных мощностных, топливно-энергетических и износных показателей в эксплуатации [5].

Основным источником потерь на трение в двигателе внутреннего сгорания является цилиндропоршневая группа, большинство отказов приходится на узел «поршень-гильза», что приводит к увеличению расхода масла на угар и прорыву газов в картер, снижается эффективная мощность и увеличивается расход топлива, ухудшаются пусковые качества двигателя. Поэтому необходимо вводить дополнительные операции по повышению износостойкости гильз цилиндров ДВС. Это может быть достигнуто путем биметаллизации поверхности трения, под которой понимается выполнение на внутренней поверхности гильзы специальных канавок, заполненных антифрикционным материалом, из которых пополняется его концентрация в зоне трения. [8].

Для изучения антифрикционных и противозносных свойств материалов были изготовлены образцы (рис.1), прослоенные в поперечном направлении цветным металлом - медью, с различным углом наклона канавки 1 (0°), 2 (5°), 3

(10°), 4 (15°), 5 (20°), 6 (25°), 7 (30°), 8 (35°), 9 (40°), 10 (45°). Выбор материала для биметаллизации части поверхности трения был произведен на основании анализа литературных источников.

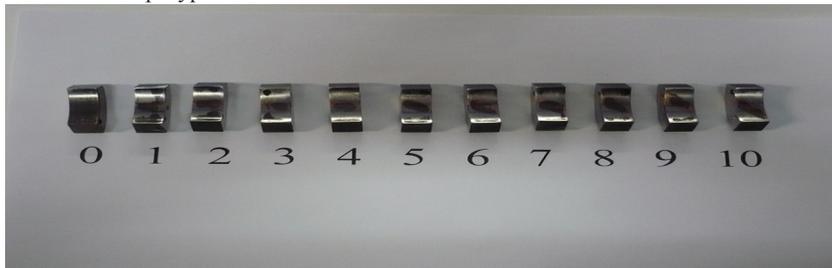


Рис. 1. – Образцы со вставками цветного металла

Колодки изготовлены из стали 40Х, из кольца с наружным диаметром 70мм, внутренний диаметр шлифован под размер ролика. На трущейся поверхности колодки вырезана канавка глубиной 2,0 мм овального сечения с наклоном к ширине образца (рис.2).

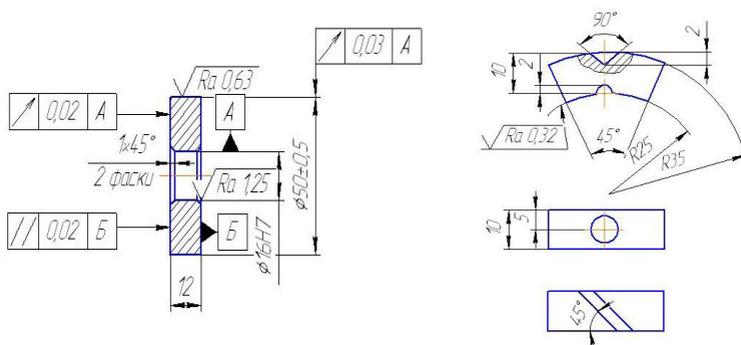


Рис. 2. - Общий вид колодки и ролика



Сравнительные лабораторные испытания были проведены на машине трения 2070 СМТ-1 (рис.3 а) по стандартной методике [3-4].



Рис. 3. – Машина трения 2070 СМТ-1: а) общий вид; б) испытательная камера

Испытания проводились в течение 3 ч при частоте вращения ролика 420 мин⁻¹ (рис. 3 б). Ролик закрепляли на вал машины трения. На ролик устанавливалась взвешенная колодка из испытываемого материала, которая прижималась к ролику нагрузочным механизмом машины трения. Смазка пары трения осуществлялась погружением ролика в масляную ванну объемом 60 см³ на глубину 3 мм. Для смазки использовали масла марки М-8В SAE 20W-20, API CB/SD TY-0253-052-04001396-02. Образцы испытывались с нагрузкой 815 Н, которую прикладывали ступенями по 135 Н в течение 0,5 ч.

Перед экспериментами проводили тарировку машины трения СМТ-1 по нагрузке и моменту трения в статическом режиме, согласно инструкции по эксплуатации [4].

Во время испытаний на начальном этапе наблюдается повышение момента трения практически у всех образцов. Это объясняется тем, что сопряженные детали изнашиваются весьма быстро, так как происходит приработка трущихся поверхностей. В этот период нагрузка воспринимается преимущественно

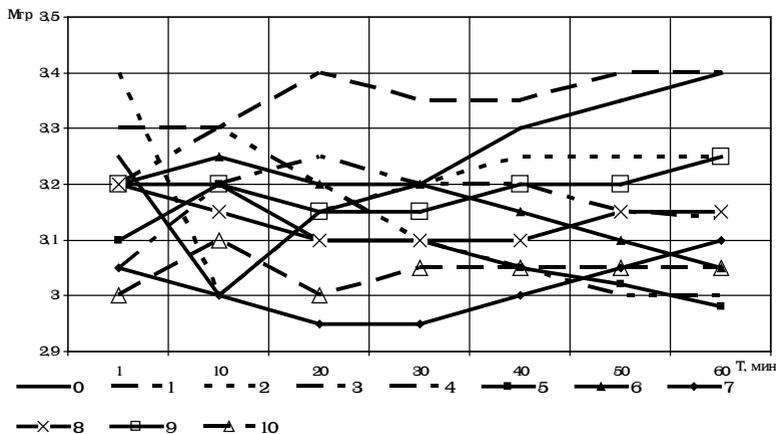


Рис. 4. - Зависимость момента трения от времени приработки

выступами, причём удельные давления достигают максимальных значений. В результате нарушаются гидродинамические условия смазки. После приработки сопряжённых поверхностей скорость их изнашивания стабилизируется или возрастает незначительно вследствие сглаживания неровностей на трущихся поверхностях и снижения удельных давлений (рис. 4) [6].

Наилучшие показатели момента трения наблюдаются у образцов 4, 5, 6, имеющих угол 15° , 20° и 25° . У этих образцов раньше других заканчивается период приработки, стабилизация происходит через 20 минут после начала испытаний. У сплошного образца 0 момент трения в течение всего времени эксперимента повышается. Эти же показатели подтверждаются зависимостью температуры колодки от времени приработки (рис. 5).

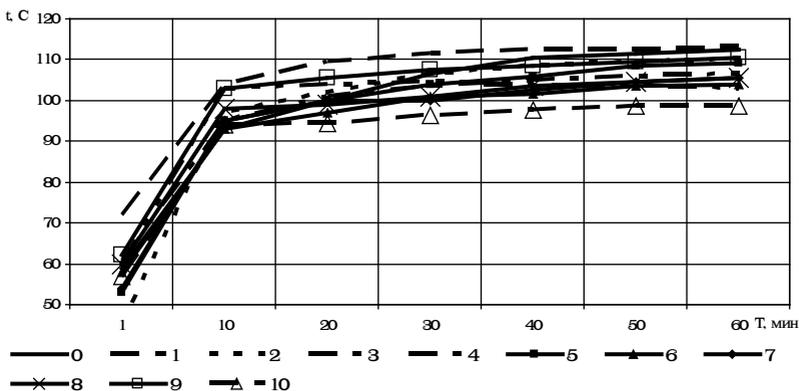


Рис. 5. - Зависимость температуры колодки от времени приработки

При последующем изучении поверхности трения биметаллизированных образцов был определен элементный состав поверхности трения образцов с помощью бездифракционного анализатора рентгеновского спектрального БАРС-3 (рис. 6 а). Оценку шероховатости выполняли при помощи профилометра модели 130 (рис. 6 б). Взвешивание исследуемых колодок производилось на весах WA-31 (рис. 6 в).

В процессе трения ролика по поверхностям образцов, на поверхности последних образовался слой неизвестного состава. Для его выявления, по окончании испытаний, поверхность трения образцов была исследована с помощью анализатора БАРС-3.

Принцип работы анализатора основан на считывании проходящих через фильтр ионов металлов (количество импульсов), образующихся при бомбардировке поверхности образцов α , β и γ – излучениями [1].

Для определения количества железа (Fe) и меди (Cu) образец без вставки цветного металла помещали в камеру и считывали количество импульсов. Затем подвергали анализу образцы со вставками меди М-1, с разным углом наклона. Сначала снимали показания по каналу (Fe), после чего производили снятие импульсов по каналу (Cu). Для сравнительных исследований закрывали вставки исследуемых образцов, повторно снимали количество импульсов по каналу

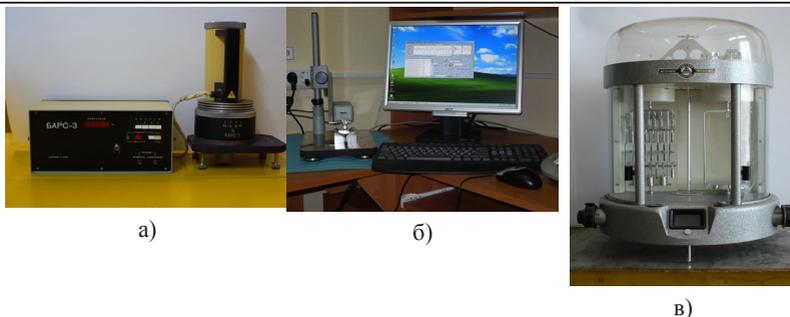


Рис. 6. – Оборудование для проведения исследований: а) прибор БАРС-3; б) профилометр модель 130; в) весы WA-31

(*Cu*), затем проводили расчёт количества металла перенесенного со вставки на трущуюся поверхность образца. После проведения исследований образцов на машине трения проводили повторный анализ поверхности трения на количество перенесённого металла.

Количество выдаваемых импульсов фона по каналу (*Fe*) рассчитывали по формуле

$$C_{Fe} = C_{э} - C_{Кэ} \quad (1)$$

где $C_{э}$ – количество импульсов эталона (*Fe*); $C_{Кэ}$ – количество импульсов исследуемого образца (*Fe*).

Для определения количества перенесённого металла (*Cu*) на поверхность трения образцов проводили тарировку анализатора по образцам колодок с известным содержанием металлов (*Fe*) и (*Cu*).

По разработанной методике производили измерения количества импульсов по каналам (*Fe*). Замеры каждого образца проводили не менее пяти раз.

Количество металла вставки, покрывшей поверхность трения образца, определяли по формуле

$$C_{Cu} = C_{КО} - C_{КЗ} \quad (2)$$

где $C_{КО}$ – количество импульсов исследуемого образца; $C_{КЗ}$ – количество импульсов образца с закрытой вставкой;

На основании произведенных исследований определили процентное содержание (*Cu*) перенесённого на трущуюся поверхность исследуемого образца.

Для определения количества перенесенного металла на трущуюся поверхность проводили тарировку анализатора по количеству импульсов и весу металла.

В ходе проведённых исследований получили следующие результаты (рис. 7, 8).

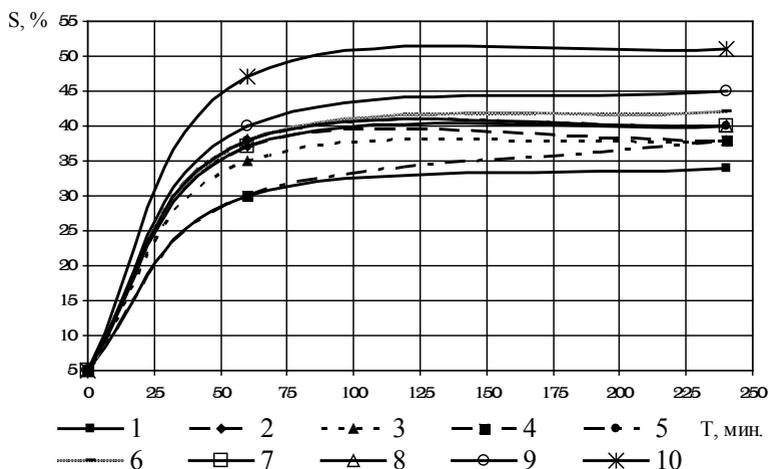


Рис. 7. - График зависимости переноса (%) меди от времени работы

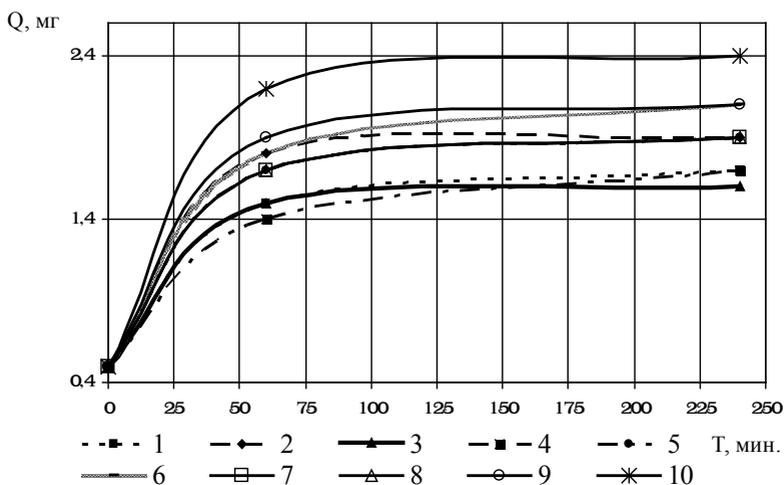


Рис. 8. - График зависимости переноса меди (мг) от времени работы

Анализ зависимости рис. 7,8 показывает, что у образцов 4,5,6, наблюдается постепенное и постоянное нарастание количества переноса (Cu). На остальных образцах перенос (Cu) происходит первые два часа работы, а затем наблюдается стабилизация или уменьшение содержания (Cu).

Для описания микрогеометрии поверхности использовали параметры шероховатости: R_{max} – наибольшая высота профиля, R_z – средняя высота макси-

мальных отклонений профиля от средней линии по 10-ти точкам (5 выступов и 5 впадин), R_a – среднее отклонение профиля от средней линии, и др. Профилографирование проводили на 5 участках каждого образца, как показано на рисунке 9.

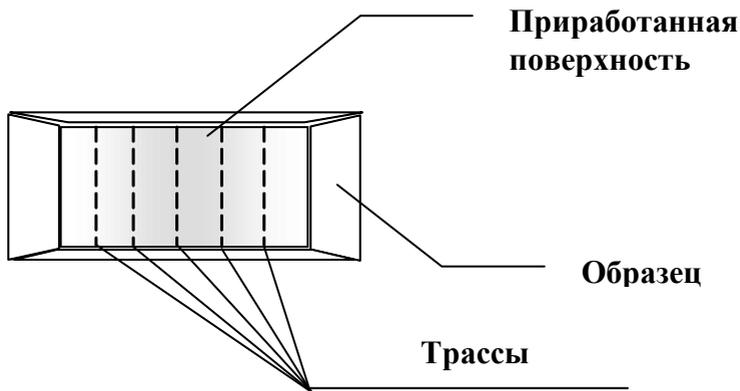


Рис. 9. - Схема профилографирования образцов

Оценку шероховатости поверхности выполняли стандартным методом профилографирования (ГОСТ 2789-73) с выводом результатов на монитор ПК (рис. 10), при помощи профилометра [7].

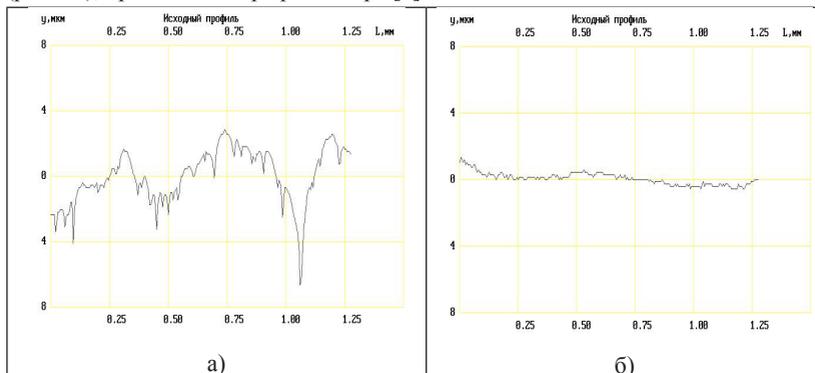


Рис. 10. - Профилограммы поверхности образцов а) до испытаний; б) после испытаний на машине трения СМТ-1 (режим приработки)

В результате обработки профилограмм были получены следующие характеристики шероховатости образцов (Табл. 1)

Таблица 1. Результаты оценки шероховатости поверхностей трения

Образцы	Параметры шероховатости, мкм		
	R_{\max}	R_z	R_a
до испытания	2,75	0,95	0,32
после испытания	1,98	0,45	0,28

Анализ таблицы 1 показывает, что в результате проведения приработки образцов, прослоенных медью, среднее отклонение профиля от средней линии уменьшилось на 12,5%. Шероховатость поверхностей после приработки свидетельствует о формировании рациональной микрогеометрии соединения, что обеспечивает долговечность работы соединения.

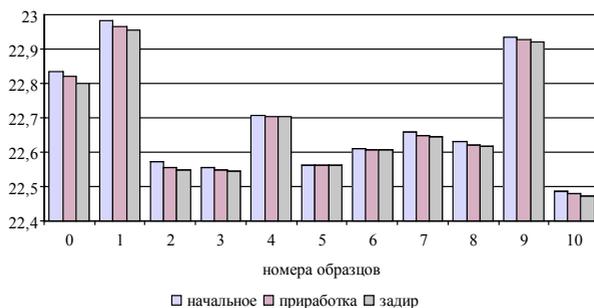
Таким образом, можно констатировать, что снижение износа связано со следующими процессами. Микронеровности, присутствующие на поверхности трения, попадая в зону пластических деформаций (медь), углубляются на величину, большую, чем это происходит в зоне упругих деформаций. При выходе из зоны пластических деформаций в зону упругих деформаций микронеровность попадает на режущую кромку упругого слоя и срезается, а клин пластичного материала, находящийся перед микронеровностью, разъединяет сопряжённые поверхности и увлекается движущейся микронеровностью до ближайшей впадины, заполняя её.

Методика определения износа заключалась в определении веса образцов до и после испытаний. После проведения испытаний на машине трения колодки промывали в авиационном бензине Б-70 ГОСТ 2084-77, высушивали в вытяжном шкафу и взвешивали. Взвешивание исследуемых колодок производилось на весах WA-31 производства Польша «Zaktady Mechaniki Precyzyjnej» с точностью измерения $0,1 \times 10^{-3}$ г [2].

Средний износ определяли по трём взвешиваниям каждого образца

$$G_e = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{3}, \quad (3)$$

где G_1, G_2, G_3 – вес образца при трехкратном взвешивании, мг.

**Рис. 11. – Средний износ образцов**

По полученным данным построена гистограмма (рис. 11) интенсивности изнашивания образцов.

По результатам взвешивания видно, что образцы с биметаллизированной поверхностью трения, имеют меньший износ, чем сплошной образец.

Интенсивность изнашивания изменяется в зависимости от угла наклона канавки к ширине образца (рис. 12).

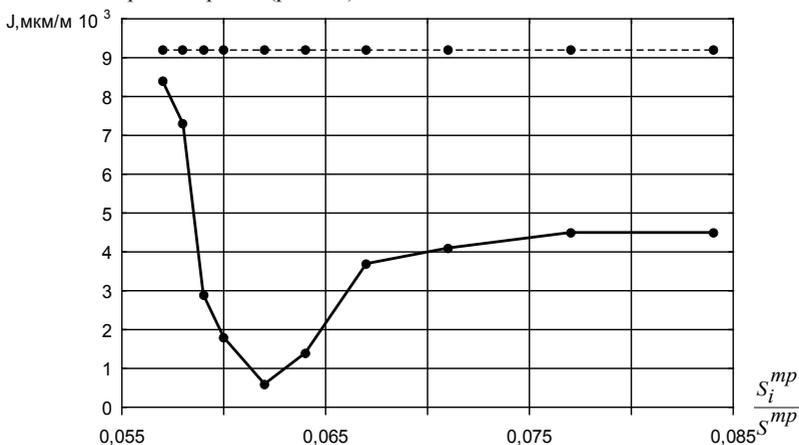


Рис. 12. – Интенсивность изнашивания образцов

Наблюдается снижение интенсивности изнашивания для углов 15° и 20°. Максимальное значение интенсивности изнашивания имеют образцы с углом наклоном поперечного слоя 0° и 5°.

По результатам трибологических испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Образцы с измененными физико-механическими свойствами поверхности трения, полученными за счёт создания в теле образца поперечных слоёв из цветного металла показали снижение износа в 1...2,6 раза по сравнению со сплошным образцом.

2. Интенсивность изнашивания прослоенных (S_i) образцов с углами наклона вставки 15° и 20°, по сравнению со сплошным образцом, снижается на 48...93 %.

3. Выявлено снижение момента трения (до 14,7 %) для образцов, имеющих изменённые физико-механические характеристики поверхности трения.

4. Данные рентгеновского спектрального анализа и замеров шероховатости поверхностей трения образцов с изменёнными физико-механическими характеристиками показывают образование на них слоя цветного металла, возникающего в процессе трения.

Литература:

1. Бездифракционный анализатор рентгеновский спектральный. Заводское обозначение БАРС-3: Инструкция по эксплуатации. – НИИ испытательных приборов. – Ленинград, 1995. – 12 с.

2. Весы «Zaktady Mechaniki Precyzyjnej». Заводское обозначение WA-31: Инструкция по эксплуатации. – Варшава.: 1995. – 16 с.
3. Методы экспериментальной оценки фрикционной совместимости материалов трущихся сопряжений РД 50-662-88 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Издательство стандартов, 1988. -8 с.
4. Машина для испытаний материалов на трение и износ. Заводское обозначение 2070 МСТ-1: Инструкция по эксплуатации. Союзточмашприбор.– Завод испытательных приборов. – Иваново, 1987. – 38 с.
5. Николаенко, А.В. Шкрабак, В.С. Энергетические машины и установкки. – С.: СПбГАУ, 2004. – 371 с.
6. Основы трибологии (трение, износ, смазка)/Э.Д.Браун, Н.А.Буше, И.А.Буяновский, и др./Под. ред.А.В.Чичинадзе: Учебник для технических вузов. – М.:Центр «Наука и техника», 1995. – 778 с.
7. Профилометр модели 130 степень точности 1 ТУ 3943-001-70281271: Паспорт 130.0.01-ПС. – Москва: – ОАО «Завод ПРОТОН-МИЭТ». 2007. – 38 с.
8. Симдянкин, А.А. Контактно-силовое взаимодействие деталей цилиндрично-поршневой группы. – С.: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. -42 с.

УДК 631.363.6.085.622

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ СЕМЯН СОИ SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF PROCESS OF EXTRACTION OF ALBUMENS FROM SEEDS OF THE SOYA

R.V. Sobolev, S.M. Dotsenko, S.P. Volkov, V.P. Pavlov
R. V. Sobolev, S.M. Dotsenko, S.P. Volkov, V.P. Pavlov
Амурский Государственный университет
The Amur State university

In given clause, from theoretical positions, parameters of process of extraction of fiber from seeds of a soya are proved. The mathematical model of an output of fiber in an extract is received. Parameters of a grinder-ex-tractor are experimentally certain.

Известно, что полноценное кормление является одним из основных путей повышения продуктивности животных и птицы и, следовательно, снижения себестоимости производства такой продукции.

Анализ многочисленных литературных данных и практика показывают, что в настоящее время содержание протеина в кормах составляет 19% от его потребности, в результате чего в кормовых рационах в среднем на одну кормовую единицу приходится не более 85-86 г. перевариваемого протеина вместо 105-110 г. по зоотехническим нормам. При таком дефиците белка недобор продукции составляет 30-35 % а ее себестоимость и расход кормов возрастают в 1,5 раза.