

УДК 631·32:663·25

Испытание на износостойкость деталей шарниров грядилей культиваторов

Н.К. Каримов

На стенде, работающем по схеме вал-подшипник, исследовано долговечность экспериментальных тонкослойных элементэпоксидных покрытий и чугунные серийные втулки. Известно, что стендовые испытания являются связующим звеном, определяющим долговечность материала в условиях, близких к эксплуатационным.

Ключевые слова: износостойкость, долговечность, металлопластиковые подшипники, узлы трения деталей машин.

Wear resistance tests of cultivators beam hinges componenets

N.K. Karimov

The benchmark tests are known to be a link that determines the durability of material under conditions close to the operational ones. Accordingly, the durability of experimental thin elementepoxide coatings and cast-iron production hubs has been studied at the test bench, running on a «roller-bearing».

Keywords: wear resistance, durability, plastic bearings, friction units of machine parts.

У культиваторов междурядной обработки почвы одними из слабых недолговечных звеньев являются шарниры грядилей, работа которых протекает в тяжелых почвенно-климатических условиях Средней Азии. Детали шарниров испытывают не только ударные нагрузки, вызванные неровностью поверхности поля, без уплотнения (сальников) и т. д., но и действием нагрузки от сопротивления почвы на рыхлительные лапы в процессе нарезания борозд и культивации.

Известно, что равнодействующая нагрузка от сил, вызываемых давлением почвы на рыхлительные лапы, варьирует в пределах 115...125 кГ [1, 2]. Наибольшие удельные давления в пределах 12...16 кг/см² воспринимают узлы трения нижних шарниров грядилей культиваторов. Угол колебания подвижных деталей составляет 1,05...5,5°, а при поперечной — 4,1...8,5° [1]. Число колебаний грядила в вертикальной плоскости в минутах варьируется в пределах $n = 120—140$. При этих условиях средняя скорость скольжения трущихся деталей шарниров достигает порядка 0,02 м/с. Запыленность воздуха при культивации хлопчатника по имеющимся данным, колеблется от 0,46 до 7,8 г/м³.

Перечисленные выше данные были приняты за основу для проведения стендовых испытаний шарниров грядилей культиваторов, втул-



КАРИМОВ

Нусратулло Каримович
кандидат технических наук,
профессор
(Таджикский государственный
педагогический университет
им. С. Айни)

KARIMOV

Nusratullo Karimovich
Candidate of Engineering
Sciences, Professor
(Tadjik State Pedagogical
University named
after S. Aini)

ки которых восстанавливались элементоэпоксидными покрытиями.

Принципиальная кинематическая схема испытательного стенда приведена на рис. 1; кинетика изнашивания деталей шарниров грядил культиватора КРХ-4 — на рис. 2, 3. Конструкция испытательного стенда имитирует работу трущихся пар трения шарниров грядил культиватора КРХ-4 в условиях, близких к эксплуатационным. Для создания запыленности и повышенной температуры окружающего воздуха стенд был помещен в специально смонтированную камеру. В качестве дозатора пыли был использован туковысевающий аппарат культиватора. Равномерность запыленности воздуха в камере создавалась воздушным потоком от вентилятора, работающего в автоматическом режиме с помощью контактных электрических часов с периодом работы — 1 мин с последующей остановкой 15 мин. Температура 60 °С в камере поддерживалась автоматическим термометром типа ТСГ-718 (ГОСТ-8624—64).

Сравнительные испытания сопряженных деталей проводилось по схеме (втулка-палец) в следующих вариантах:

- 1) чугунная втулка (СЧ 18—36) — стальной палец (сталь 45, 28—32 HRC);
- 2) заводская пара;
- 3) металлопластиковая втулка футерованная тонкослойным (0,4...0,5 мм) элементоэпоксидным покрытием с наполнителем углистая

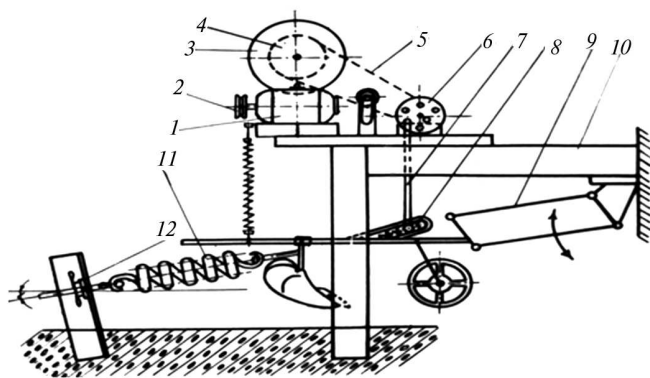


Рис. 1. Схема стенда для испытания деталей шарниров грядил культиватора КРХ-4:

- 1 — электродвигатель; 2 — шкив; 3 — редуктор;
 4 — звездочка; 5 — цепь; 6 — эксцентрик;
 7 — шатун-ползунок; 8 — ползунок; 9 — грядиль;
 10 — рама; 11 — пружина; 12 — регулировочный винт

глина с твердостью 24 HV и $\sigma_{сж} = 1\ 100$ кг/мм² — стальной палец из стали 45, 28—32 HRC (экспериментальная пара);

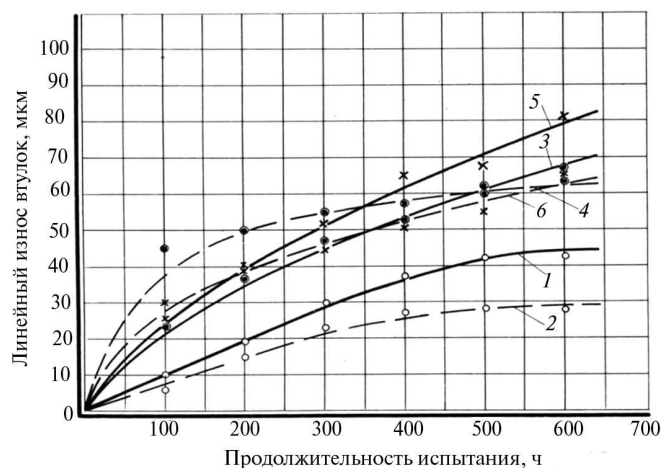


Рис. 2. Кинетика изнашивания втулок верхних шарниров грядил культиватора КРХ-4 при стендовом испытании:

- 1, 2 — втулки с экспериментальными покрытиями, содержащими углистую глину; 3, 4 — втулки с экспериментальными покрытиями, содержащими костную муку; 5, 6 — чугунные заводские втулки;
 — — — — — испытания со смазкой;
 - - - - - испытания без смазки

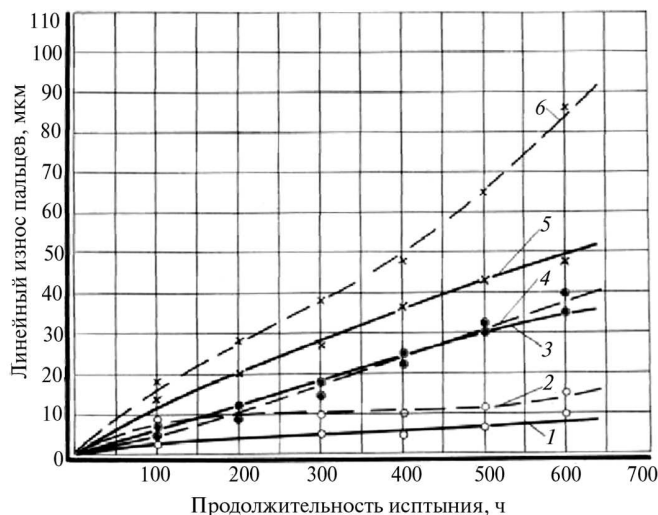


Рис. 3. Кинетика изнашивания стальных пальцев верхних шарниров грядил культиватора КРХ-4 при стендовом испытании:

- 1, 2 — при трении о втулки с покрытием, содержащим углистую глину; 3, 4 — при трении о втулки с покрытием, содержащим костную муку; 5, 6 — при трении о чугунные заводские втулки;
 — — — — — испытания со смазкой;
 - - - - - испытания без смазки



Рис. 4. Детали шарниров грядила культиватора КРХ- 4:

1 — металлопластиковые втулки; 2, 3 — стальные пальцы из стали 45

4) металлопластиковая втулка, футерованная элементоэпоксидным покрытием наполненная костной мукой с твердостью 22 HV и $\sigma_{сж} = 1\ 220\ \text{кг/мм}^2$ — стальной палец из стали 45, 28–32 HRC (экспериментальная пара) рис. 4.

Для испытания металлопластиковых подшипников скольжения использовались элементоэпоксидные композиции, приведенные в табл. 1.

Испытание проводились со смазкой и без нее. Исследование на износостойкость деталей шарниров грядилей проводились в такой последовательности: 1) комплектование деталей; 2) приработка деталей узлов трения; 3) замер деталей трущейся пары перед испытанием (после приработки); 4) проведение испытания; 5) измерение параметров износа деталей проводилось после каждой 100, 200, 300, 400, 500 и 600 ч испытания; 6) обработка результатов испытания.

Процесс испытания по каждой из указанных выше операций осуществлялся в несколько этапов:

- **комплектование деталей.** Сопрягаемые детали как серийные (заводские) так и экспериментальные комплектовались в соответствии с техническим требованием на сборку грядилей культиваторов. Внутренний диаметр заводских и экспериментальных металлопластиковых втулок составлял $25^{+0,25}_{+0,20}$ мм, остальных пальцев — $25^{+0,05}_{-0,05}$ мм.

Средний диаметральный зазор в сопряжении составлял 0,2...0,25 мм. Толщина футерованного элементоэпоксидного слоя покрытия на экспериментальные втулки равнялась 0,4...0,5 мм. В качестве контртел использовались пальцы из стали 45, 28–32 HRC заводского изготовления;

- **приработка деталей.** Процесс приработки деталей осуществлялся в два этапа. Вначале работа деталей проводилась при меньших нагрузках примерно 1/2 от равнодействующей нагрузки (*P*) на рыхлительные лапы, продолжительностью 10 ч. Затем детали прирабатывались по основному режиму испытания, с продолжительностью 20 ч;

- **проведение испытания.** Продолжительность испытания для оценки износостойкости и долговечности деталей шарниров грядилей составляла 600 ч, при скорости скольжения $V = 0,02\ \text{м/с}$ и равнодействующей нагрузки 115...125 кг с удельным давлением на шарнирные узлы трения 12...16 кг/см². При этом угол колебания составлял $\alpha = 8...10^\circ$, а число двой-

Таблица 1

Элементоэпоксидные композиции с оптимальным содержанием ингредиентов

№ п/п	Наименование ингредиента	Содержание, ед.	Композиции					Примечание
			1	2	3	4	5	
1	Эпоксидная мола ЭД-20	в.ч.	100	100	100	100	100	Температура отверждения всех композиций 120° С, продолжительность отверждения 4,5 ч
2	Дибутилфталат ДБФ	в.ч.	10	10	10	10	10	
3	Полиэтиленполиамин(ПЭПА)	в.ч.	9	9	9	9	9	
4	Углистая глина	в.ч.	—	80	—	—	—	
5	Красная охра	в.ч.	—	—	80	—	—	
6	Кровяная мука	в.ч.	—	—	—	60	—	
7	Костная мука	в.ч.	—	—	—	—	80	

ных ходов в минуту $n = 130$. В процессе испытания запыленность воздуха в камере достигала $3...4 \text{ г/м}^3$, которая периодически контролировалась весовым методом с использованием фильтра АФА-В10. В качестве абразива использовалась супесчанно-сероземная почва орошаемых земель Вахшской долины республики Таджикистан. Минералогический состав пыли приведен в табл. 2.

Таблица 2

Минералогический состав пыли

Тип почвы	Дисперсность абразива, 50 мкм		
	Кварц	Полевые шпаты	Кремнистые обломки
Супесчаный серозем	60	13,9	26,1

Детали узлов трения смазывались по предусмотренной программе солидолом УС-2Л (литол) через каждые 50 ч работы стенда. Кроме того, испытания проводились при разовом смазывании деталей.

В процессе испытания деталей в камере поддерживалась постоянная температура $60 \text{ }^\circ\text{C}$ и одновременно велась ее запись. Погрешность значения температуры не превышала $\pm 2^\circ\text{C}$;

- **измерение параметров изнашиваемости трущихся пар трения.** Проводилось через каждый 100, 200, 300, 400, 500 и 600 ч испытания, затем шарниры грядилей разбирались и детали измерялись для оценки их износостойкости. Пальцы шарниров грядилей измерялись по наружному диаметру в двух поясах и по двум направлениям — по направлению равнодействующей силы и перпендикулярно к ней. Замер осуществляли рычажным микрометром. Втулки шарниров грядилей замерялись по внутреннему диаметру в двух поясах, соответствующих поясам замеров на шейке пальцев шарниров грядилей и по двум взаимно-перпендикулярным направлениям. Замер производился нутромером с индикатором часового типа.

Как видно на рис. 2 и 3, износ сопряженных деталей узлов трения в условиях периодической смазки и без нее от кинетики испытания возрастает. Однако износ заводских серийных деталей протекает более интенсивно по времени, чем износ экспериментальных втулок

с элементоэпоксидными покрытиями и сопряженных с ними пальцев. С другой стороны, характеризуя износостойкость втулок из различных материалов для верхних шарниров грядилей, можно отметить, что износостойкость серийных втулок (чугунных) и втулок с покрытиями из элементоэпоксидных композиционных составов при испытании со смазкой в течение 600 ч оказалась ниже износостойкости тех же втулок, но испытанных с одноразовой смазкой за тот же период времени. Это, очевидно, можно объяснить тем, что при испытании узлов трения без смазки абразивные частицы пыли легко проникают в зазор между трущимися поверхностями деталей и участвуют в цикле изнашивания деталей не продолжительное время из-за свободного выброса их движущейся поверхностью детали из зоны трения. Тогда как при наличии смазки процесс удаления абразивных частиц из верхних шарниров грядилей затрудняется по причине уплотнения узла трения вязкой средой, в результате смазка со временем все более обогащается твердыми абразивными частицами, что ведет к повышению износа и к снижению износостойкости.

Проведенные испытания на износостойкость шарниров грядилей культиватора КРХ-4 позволили установить разный характер износостойкости и долговечности деталей, изготовленных из различных материалов. Так, наивысшая износостойкость узлов трения грядилей достигается при трении стальных пальцев о втулки с элементоэпоксидными покрытиями. Причем втулки, футерованные с элементоэпоксидными составами, наполненные углистой глиной или костной мукой, значительно меньше изнашивают стальные валы. В то время как при испытании верхних и нижних шарниров грядилей из деталей заводского исполнения наблюдается повышенный износ не только чугунных втулок из серого чугуна (СЧ 18—36), но и стальных пальцев (сталь 45, твердость 28—32 HRC). Суммарный износ верхних и нижних шарниров грядилей КРХ-4 культиватора за 600 ч работы приведен в табл. 3.

Таблица 3

Суммарный износ верхних и нижних шарниров грядилей КРХ-4 за 600 ч работы

Подшипниковые втулки	Износ, мкм	
	Без мазки	Со смазкой
Исходные чугунные, верхние	152,5	130,0
Исходные чугунные, нижние	347,5	185,0
Композиционное покрытие с углистой глиной, верхние	42,5	55,0
Композиционное покрытие с углистой глиной, нижние	142,5	35,0
Композиционное покрытие с костной мукой, верхние	105,0	102,5
Композиционное покрытие с костной мукой, нижние	127,5	87,5

Как следует из данных, приведенных в табл. 3, наибольшая износостойкость и долговечность подшипников скольжения грядиля культиватора достигается при восстановлении втулок с композиционным покрытием, наполненным

порошком углистой глины. Сроки службы подшипников при этом повышаются по сравнению с заводскими (чугунная втулка — стальной палец) более чем в 3 раза. Следует отметить, что втулки с покрытиями, наполненными углистой глиной, могут быть использованы в условиях работы без смазки, так как антифрикционные свойства этих втулок в процессе длительной их эксплуатации сохраняются на высоком уровне.

Одновременно со стендовыми испытаниями была проведена проверка износостойкости втулок шарниров грядилей, восстановленных с композиционными элементэпоксидными покрытиями с порошками: углистой глины, красной охры, костной и кровяной мукой в производственных условиях. Культиваторы с экспериментальными втулками испытывались в течение двух летних сезонов в колхозе им. Карла Маркса Курган-Тюбинского района (в настоящее время Хатлонская область РТ). Положительные результаты эксплуатационных испытаний подтверждены производственными актами.

Таблица 4

Изнашиваемость деталей шарниров грядилей культиваторов КРХ-4 в условиях эксплуатации, приведенная на 100 га посевной площади

Характеристика втулок	Грядиль					
	Заколесный износ, мм		Центральный износ, мм		Средний износ, мм	
	втулок	пальцев	втулок	пальцев	втулок	пальцев
Чугунные втулки:						
верхних шарниров	0,094	0,061	0,094	0,057	0,070	0,066
нижних шарниров	0,121	0,079	0,120	0,062	0,115	0,065
Втулки с покрытием с углистой глиной:						
верхних шарниров	0,023	0,027	0,023	0,009	—	—
нижних шарниров	0,029	0,029	0,038	0,025	—	—
Втулки с покрытием с красной охрой:						
верхних шарниров	—	—	0,015	0,010	0,018	0,009
нижних шарниров	—	—	0,032	0,025	0,060	0,002
Втулки с покрытием костной мукой:						
верхних шарниров	0,055	0,025	—	—	0,014	0,009
нижних шарниров	0,073	0,025	—	—	0,020	0,018
Втулки с покрытием с кровяной мукой:						
верхних шарниров	—	—	0,039	0,015	—	—
нижних шарниров	—	—	0,041	0,029	—	—

Втулки устанавливались и испытывались на 4-секционных культиваторах: на заколесные, центральные и средние грядилы (по 33—37 втулок на каждый культиватор) с соблюдением заводских технических требований на сборку. Наряду с экспериментальными деталями, испытывались и серийные заводские чугунные втулки. Опытные культиваторы с серийными и экспериментальными втулками использовались с различными активными рабочими органами на всех междурядьях обработки хлопчатника.

Обобщенные результаты производственных испытаний, приведенные в табл. 4, подтверждают результаты стендовых испытаний и показывают, что наивысшей износостойкостью и долговечностью обладают втулки с покрытиями из элементоэпоксидных составов, наполненных углистой глиной и красной охрой.

Меньшую износостойкость имеют втулки, покрытия которых наполнены кровяной мукой и покрытиями с костной мукой. Чугунные втулки имеют крайне низкую износостойкость и кроме того, они значительно изнашивают сопряженные стальные пальцы (см. табл. 4).

Таким образом, проведенные стендовые и эксплуатационные испытания показали, что покрытия из элементоэпоксидных составов, наполненные углистой глиной или красной охрой, при восстановлении изношенных втулок

шарниров грядилей культиватора КРХ-4 обеспечивают изношенным подшипниковым узлам трения не только возвращение их первоначальных номинальных размеров, но и придают им более высокие эксплуатационные свойства и долговечность по сравнению с серийными заводскими чугунными втулками, которые выбраковываются на утиль. Напротив, износостойкость и долговечность металлопластиковых втулок и сопряженных стальных пальцев шарниров грядилей культиваторов при этом повышается более чем в 2 раза.

Литература

1. Мансуров У. Исследование износостойкости тонкослойных покрытий применительно к ремонту деталей сеялок и культиваторов в условиях Таджикской ССР. Дисс. ... канд. техн. наук. Душанбе, 1968.
2. Рахманов Г. Исследование износа и повышение долговечности шарниров хлопковых культиваторов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 1970.

References

1. Mansurov U. *Issledovanie iznosostoikosti tonkosloinykh pokrytii primenitel'no k remontu detalei seialok i kul'tivatorov v usloviakh Tadjikskoi SSR*. Diss. kand. tekhn. nauk. [Study of the wear resistance of thin coatings applied to repair parts of seeders and cultivators in the Tajik SSR]. Dushanbe, 1968.
2. Rakhmanov G. *Issledovanie iznosa i povyshenie dolgovechnosti shamirov khlopkovykh kul'tivatorov*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. [The study of wear and increasing durability of hinges cotton cultivators]. Moscow, 1970.

Статья поступила в редакцию 13.09.2012

Информация об авторе

КАРИМОВ Нусратулло Каримович (Душанбе) — кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология и машиноведение». Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни (734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, д. 121, e-mail: nkarimov2011@gmail.com).

Information about the author

KARIMOV Nusratullo Karimovich (Dushanbe) — Candidate of Engineering Sciences, Professor of «Technology and Engineering Science» Department. Tadjik State Pedagogical University named after S. Aini (734003, Rudaki Ave, 121, Republic of Tajikistan, e-mail: nkarimov2011@gmail.com).