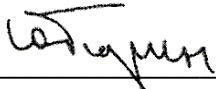


УТВЕРЖДАЮ  
Декан ЕНМФ

  
Ю.И. Тюрин  
«19» ноября 2008 г.

**В.Ф. Пичугин, М.А. Рябцева**

## **ИЗУЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Материаловедение поверхности и тонких пленок» для магистрантов, обучающихся по магистерской программе 150600 «Материаловедение и технология новых материалов» направления 150616 «Новые материалы и технологии в медицине, медицинской технике и стоматологии»

УДК 615.46(073.8)

ББК 34.7:56.6я73

ПЗ6

**Пичугин В.Ф.**

ПЗ6 Изучение шероховатости поверхности тонких кальций-фосфатных покрытий: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Материаловедение поверхности и тонких пленок» для магистрантов, обучающихся по магистерской программе 150600 «Материаловедение и технология новых материалов» направления 150616 «Новые материалы и технологии в медицине, медицинской технике и стоматологии» / В.Ф. Пичугин, М.А. Рябцева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 20 с.

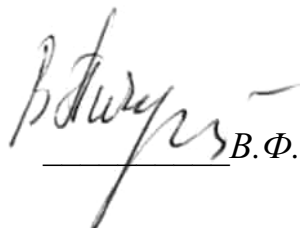
ISBN 5-98298-329-2

УДК 615.46(073.8)


ББК 34.7:56.6я73

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры теоретической  
и экспериментальной физики ЕНМФ  
«9» сентября 2007 г.

Зав. кафедрой ТиЭФ  
доктор физико-математических наук

  
В.Ф. Пичугин

Председатель учебно-методической  
комиссии

  
В.В. Ларионов

*Рецензент*

Доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой физики ТГПУ

*В.И. Шишковский*

ISBN 5-98298-329-2

© Пичугин В.Ф., Рябцева М.А., 2008

© Томский политехнический университет, 2008

© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2008

## ИЗУЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Цель работы: проведение количественной оценки и нормирования шероховатости: измерение основных параметров шероховатости и определение класса шероховатости.

Приборы и принадлежности: профилометр-профилограф «Talysurf 5м», образец титана марки ВТ1-0, образец с нанесенным кальций-фосфатным покрытием.

### Теоретическое содержание

Морфология, одна из основных характеристик поверхности любых материалов. Определение морфологии поверхности является важным этапом при исследовании широкого круга свойств различных материалов. Данные о морфологии поверхности позволяют получать информацию о сплошности и однородности покрытий, наличии на поверхности различных включений, о процессах кратерообразования, шероховатости поверхности и структуре материалов.

Разработаны методы диагностики морфологии исследованной поверхности, в которых источником диагностической информации являются геометрические параметры поверхности. Параметром, характеризующим геометрическую точность изделий и пригодным для определения состояния поверхности покрытия, является шероховатость.

Многочисленные исследования установили необходимое требование к внутрикостным имплантатам – поверхность имплантата должна быть шероховатой или микропористой [1]. Шероховатость создает соединение костной ткани с имплантатом и предотвращает отторжение. Исследования показали, что имплантаты с шероховатой поверхностью лучше укрепляются в кости и меньше подвержены вредному влиянию действующих на них сил. Известны разнообразные способы создания шероховатой поверхности у имплантатов:

- производится очистка поверхности имплантата при помощи крупнообразных опрыскиваний кислотой, очищающих поверхность и делающих ее слегка шероховатой с сохранением повышенного количества окисной пленки на поверхности;

- покрытие титановой плазмой (Titanium Plasma Spray). В этом случае покрытие наносится при температуре 13000 °С и под высоким давлением, что превращает состав в ионизированный поток, направляемый на имплантаты;
- покрытие из гидроксиапатита (Hydroxyapatit) или заменителей кости. Гидроксиапатит обладает свойством остеокондуктивности – стимулирующим рост кости, также способствует первичному «приживлению» имплантата;
- покрытие Bone Morphologic Protein (В.М.Р.), обладающее качеством остеокондуктивности (эти покрытия пока не используются в общей практике и находятся в стадии исследования);
- покрытие имплантатов дополнительным окисным слоем. Некоторые фирмы осуществляют это покрытие в вакууме, другие – без вакуума. Отсутствие вакуума ухудшает качество покрытия.

Микрогеометрия обрабатываемой поверхности может формироваться в результате напыления на подложку титана кальций-фосфатных покрытий.

Модифицирование поверхности путем формирования биосовместимых покрытий различной толщины является самым распространенным способом, используемым в промышленно развитых странах. Наиболее широко используемым «предшественником» для формирования покрытий является гидроксиапатит – основная неорганическая составляющая костного матрикса. Методов для формирования тонкопленочных структур множество, но наиболее используемыми являются: плазменное напыление, метод лазерной абляции, золь-гель технология, электрофорез и метод магнетронного распыления.

Для стоматологии, ортопедии и травматологии представляют интерес Са-Р покрытия, повышающие прочность крепления имплантатов в костной ткани, усиливающие их способность к остеоиндукции и остеоиндукции. Выработанный в процессе эволюции закон комплиментарного соответствия органической и неорганической частей тканей и органов позволяет считать, что кальций-фосфатные материалы являются на сегодняшний день идеальным ортопедическим имплантатом. Они не вызывают отрицательных реакций, хорошо переносятся организмом, высоко биосовместимы и хорошо интегрируются с костной тканью. Поэтому гидроксиапатит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  является наиболее часто используемым материалом для изготовления покрытий медицинского назначения.

Шероховатость поверхности имплантата с кальций-фосфатным покрытием является главной особенностью его конструкции. Создание грубой поверхности кальций-фосфатного покрытия предполагает биологические и биохимические преимущества. Чтобы костеобразование было оптимальным, необходимо выполнить ряд требований. К ним относятся протеиновая адсорбция, клеточное сцепление, воспроизводство локальных факторов, пролиферация, дифференциация, производство остеоидов и кальцификация. Поверхностная энергия, шероховатость поверхности и конструкция имплантата могут играть главную роль в определении того, какие плазменные белки и молекулы адсорбируются на поверхности.

Средняя длина мезенхимальной клетки составляет приблизительно 5–12 мкм; следовательно, шероховатость, большая, чем длина клетки, будет восприниматься как гладкая поверхность теми клетками, которые расположены между прилегающими пиками. Таким образом, грубая поверхность имплантата предлагает биологические и биохимические преимущества, так как стимулирует наслоение клеток, позволяет регулировать присоединение клеток благодаря характерной микроструктуре.

Состояние поверхностного слоя характеризуется наличием шероховатости и волнистости (которые образуются в результате различных причин и имеют различное функциональное значение). Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля, получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью.

Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами (отклонения формы и волнистости) ее рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной  $L$ .

Для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхностей ГОСТ 2789–73\* устанавливает шесть основных параметров: три высотных ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ), два шаговых ( $S_m$ ,  $S$ ) и параметр относительной опорной длины профиля ( $tp$ ).

Параметры  $R_a$ ,  $R_z$  представляют собой среднюю высоту неровностей профиля ( $R_a$  – всех неровностей;  $R_z$  – наибольших неровностей), параметр  $R_{max}$  – полную высоту профиля

$R_a$  – широко признанный и наиболее часто используемый в различных странах параметр шероховатости. Обычно определяется как средний результат в пределах нескольких длин участков измерения « $L$ » (рис. 1).

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \quad (1)$$

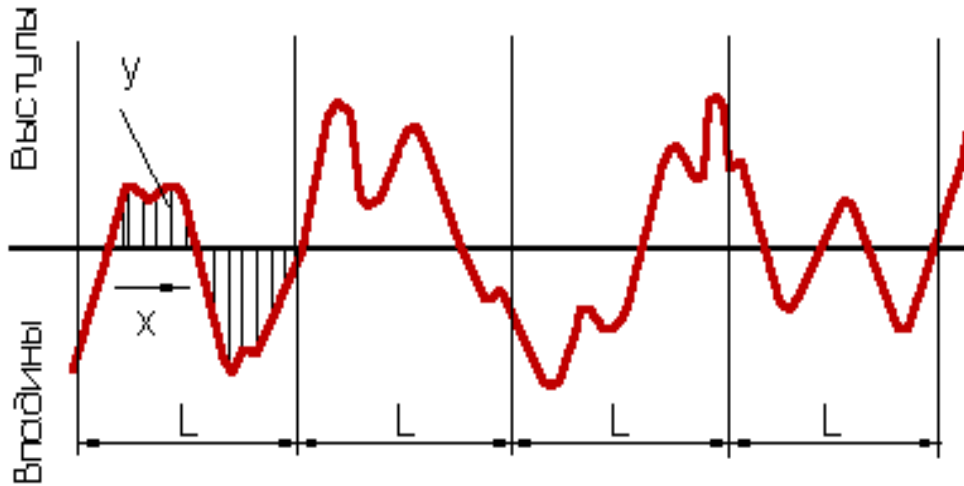


Рис. 1

$R_z$  – численно равен разнице средних высот между пятью наиболее глубокими впадинами в пределах оценочной длины участка измерения « $L$ » (рис. 2).

$$R_z = \frac{(y_{p1} + y_{p2} + y_{p3} + y_{p4} + y_{p5}) - (y_{k1} + y_{k2} + y_{k3} + y_{k4} + y_{k5})}{5}$$

$$= \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 y_{pi} - \sum_{i=1}^5 y_{ki} \right) \quad (2)$$

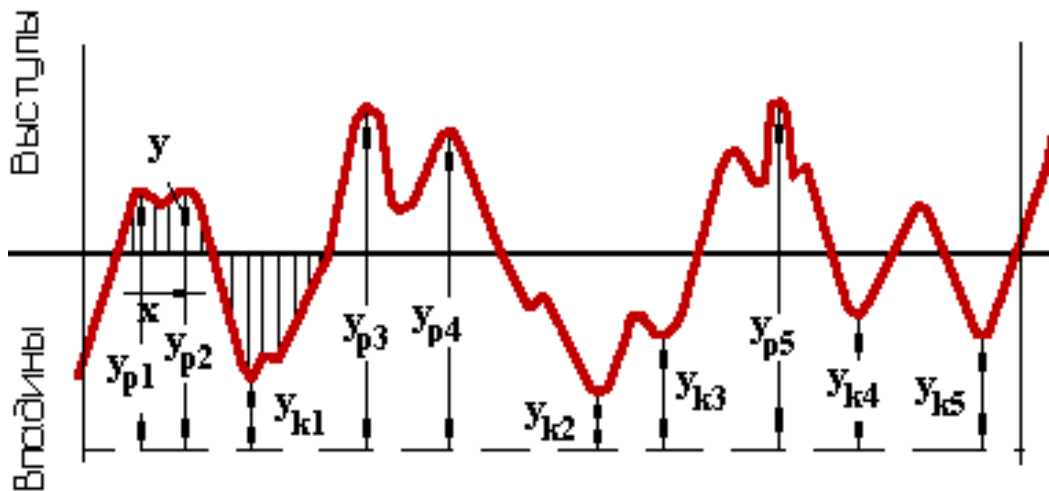


Рис. 2

$R_{max}$  – представляет собой максимальную высоту, измеренную от выступа до дна впадины на профиле в пределах длины участка измерения « $L$ ».

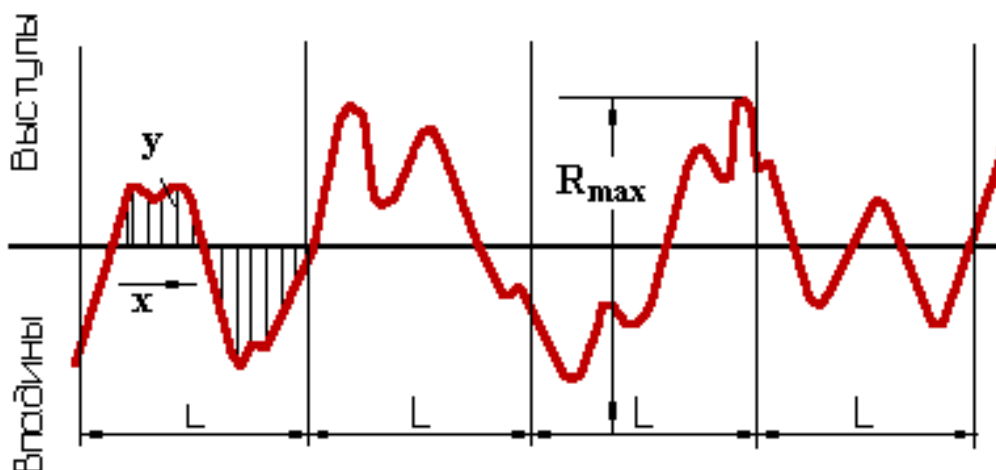


Рис. 3

Все параметры могут быть классифицированы с выделением трех групп в соответствии с типом характеристик:

- 1) параметры высоты неровностей относятся к измерению вертикальных неровностей профиля (табл. 1);
- 2) параметры шага относятся к измерению нерегулярных интервалов на поверхности, независимо от амплитуды этих отклонений (табл. 2);
- 3) гибридные параметры относятся как к амplitудам, так и к интервалам отклонения геометрической формы (табл. 3).

Таблица 1

*Параметры высоты неровностей*

Параметр	Характеристика параметра
$Ra$	Является широко признанным и наиболее часто используемым в различных странах параметром шероховатости. Обычно этот параметр определяется как средний результат в пределах нескольких длин участков измерения « $L$ » (пять в $5P$ , $5L$ и $5Z$ , и число, зависящее от длины участка измерения и оценочной длины участка измерения в $5M$ ).
$Rq$	Представляет собой параметр $rms$ , соответствующий $Ra$ , т. е. $Rq = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L y^2(x) dx}$
$Rmax$	Представляет собой максимальную высоту, измеренную от выступа до дна впадины на профиле в пределах длины участка измерения $L$

$R_t$	Представляет собой максимальную высоту, измеренную от выступа до дна впадины на профиле в пределах оценочной длины участка измерения
$R_{tm}$	Представляет собой среднее значение $R_{max}$ пяти последовательных длин участков измерений
$R_{t1...n}$	Представляют собой индивидуальные значения параметра $R_{max}$ $n$ последовательных длин участков измерения
$R_z$	Измеряется только на несглаженном профиле и численно равен разнице средних высот между пятью наиболее высокими выступами и пятью наиболее глубокими впадинами в пределах оценочной длины участка измерения, данный параметр определяется в пределах только одной длины участка измерения. Данное выше определение (которое используется в системе «Галисэрф 5») согласуется с таковым для параметра $R_z$ , определенного стандартом ISO (Международная Организация Стандартов)
$R_{3m}$	Представляет собой разницу высоты между третьим наиболее высоким выступом и третьей наиболее глубокой впадиной в пределах оценочной длины участка измерения. $R_{3m}$ представляет собой среднее значение параметра $R_{3t}$ , определенное в пределах нескольких последовательных оценочных длин участков измерения
$R_p$	Представляет собой максимальную высоту профиля над средней линией в пределах оценочной длины участка измерения. На каждом из процессоров предусмотрен переключатель для инвертирования профиля таким образом, что при необходимости может быть получено значение максимальной глубины профильной поверхности ниже средней линий (т. е. параметр $R_p$ инвертированного профиля)
$R_{pm}$	Представляет собой среднее значение параметра $R_p$ , определенное в пределе нескольких последовательных длин участков измерения, как и для параметра $R_p$ , может быть измерено значение параметра $R_{pm}$ инвертированного профиля
$R_{sk}$	Скошенность является мерой асимметрии кривой распределения высот неровности относительно средней линии



Таблица 2

*Параметры шага*

Параметр	Характеристика параметра
<i>HSC</i>	Число высоких участков представляет собой число законченных профильных выступов выше средней линии (в процессоре <i>5M</i> ) или (для процессоров <i>5P</i> , <i>5L</i> и <i>5Z</i> ) выше линии, параллельной средней линии и проведенной на заранее установленном расстоянии <i>p</i> выше или ниже заранее установленной базы (которая обычно является либо точкой самого высокого выступа, либо находится на средней линии), Подсчет выполняется в пределах оценочной длины участка измерения, а отображаемое число представляет собой число <i>a</i> пределах этой длины
<i>Sm</i>	Представляет собой средний шаг между выступами профиля, измеренный на средней линии в пределах оценочной длины участка измерения

Таблица 3

*Гибридные параметры*

Параметр	Характеристика параметра
$\Delta a$	Представляет собой средний арифметический наклон профиля в пределах всей оценочной длины участка измерения; данный параметр является безразмерным отношением, однако он может быть также отображен в градусах
$\Delta q$	Данный параметр представляет собой наклон <i>rms</i> профиля в пределах оценочной длины участка измерения, также отображается в виде отношения
$\lambda a$	Средняя длина волны, представляет собой меру шагов между соседними выступами и впадинами с учетом их относительных амплитуд и индивидуальных пространственных частот. Численно параметр $\lambda a = 2\pi \frac{Ra}{\Delta a}$
$\lambda q$	Данный параметр является соответствующим <i>rms</i> параметром длины волны. Численно параметр $\lambda q = 2\pi \frac{Rq}{\Delta q}$
<i>tp</i>	Процент несущей поверхности представляет собой длину несущей линии (выраженной в виде процента оценочной длины участка измерения), на которой выступы были срезаны на уровне <i>p</i> ниже наиболее высокого выступа или выше средней линии. Данное соотношение замеряется в пределах оценочной длины участка измерения

Максимальная разрешающая способность для параметров высоты неровностей 0,001 мкм, возможная неопределенность:  $\pm 2\%$  значения полной шкалы,  $\pm 1$  – самой младшей значащей цифры.

Могут быть получены пять видов графиков (табл. 4).

Таблица 4

Графики	Характеристика
Несглаженный профиль	Профилограмма, включающая шероховатость, волнистость и наклон, связанные с погрешностями установки
Выровненный несглаженный профиль ( $P$ )	С удаленным наклоном
Профиль волнистости	График сглаженного профиля
Профиль шероховатости ( $R$ )	График сглаженного профиля
Кривая $tr$	Кривая процента несущей поверхности (или кривая Аббота-Файрстоуна) графически показывает, каким образом процент несущей поверхности изменяется с изменением уровня

### Экспериментальная установка

Морфологические исследования поверхности проводятся с использованием профилометра-профилографа «Talysurf 5м» с автоматическим расчетом и регистрацией данных [2]. Его внешний вид показан на рис. 4.



Рис. 4. Фотография профилометра-профилографа «Talysurf 5м»

«Талисэрф 5» представляет собой измерительную систему состоящая из поверхностного слоя, модульной конструкции. В системе используется процессор для выполнения операции по выбору параметров шеро-

ховатости и волнистости совместно с построением профилограмм. Большая часть данных измерения получается в результате выполнения одного перемещения над поверхностью; значения параметров затем выбираются по желанию из запоминающих устройств.

Состояние поверхностного слоя характеризуется наличием шероховатости и волнистости (которые образуются в результате различных причин и имеют различное функциональное значение). Система «Талисэрф 5» обеспечивает возможность отдельной или комбинированной оценки этих двух характеристик. С помощью системы могут быть получены графики шероховатости, волнистости или несглаженного профиля.

Базовая система «Талисэрф 5» включает следующие главные блоки:

1. Подающее устройство.
2. Датчик (стандартный).
3. Колонка и стойка.
4. Процессор.
5. Самописец.

К этим основным блокам может быть добавлен ряд заказываемых по выбору дополнительных принадлежностей.

**Подающее устройство (2)** предназначено для выполнения оценок общего характера для поверхности с помощью датчика. С помощью выбираемого редуктора скоростей выбирается скорость для перемещения датчика поперек измеряемой поверхности.

**Датчик (3)** представляет собой регулируемые индуктивные преобразователи, выполненные в форме взаимозаменяемых патронов, которые вставляются в торец приводного вала подающего устройства (табл. 5). Вертикальные смещения иглы изменяют индуктивность преобразователя, обеспечивая изменение формы сигналов несущей частоты переменного тока. Игла, которая удерживается в контакте с поверхностью за счет нагрузки от легкой пружины, закреплена на конце уравновешенного рычага. Рядом с иглой располагается ползун, который служит опорой датчика на предназначенной для измерения поверхности, так что датчик будет следовать изменениям общей формы поверхности. Таким образом, при использовании ползуна поверхность сама по себе является базой, относительно которой измеряются смещения иглы. Для каждого датчика предусматривается ответный блок, который вставлен в заднюю панель часть процессора.

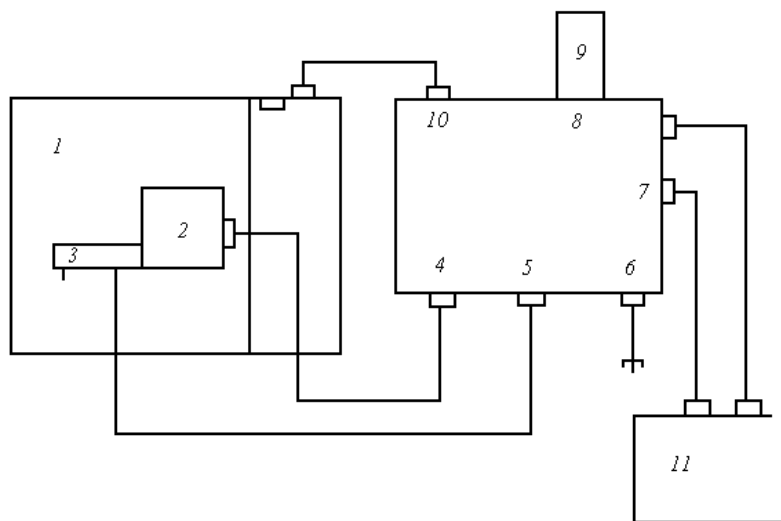
Для измерения структуры очень точно обработанных поверхностей используется датчик с высокой разрешающей способностью, у которого кончик иглы имеет размер не более чем 1,3 мкм с соответственно более низким усилием на игле.

**Колонка с приводом** и стойка (1) обеспечивают жесткую монтажную опору для подающего устройства, обеспечивая легкую и точную настройку последнего. Узел также обеспечивает устойчивую опору для исследуемого образца.

Данный модуль отвечает за перемещение в вертикальном направлении и оснащен двумя устройствами, которые облегчают процедуру установки.

При срабатывании переключателя вертикального перемещения блок перемещается первые пять секунд с медленной скоростью, после чего работа осуществляется при быстром перемещении.

Автоматический стопор с помощью исполнительной системы останавливает направленное вниз перемещение после контакта измеряемого образца с иглой, которая смещается приблизительно к центру своего измерительного диапазона.



*Рис. 5. Блок схема системы «Талисэрф 5»:*

*1 – стойка и колонка; 2 – подающее устройство; 3 – датчик; 4 – подающее устройство; 5 – калибр; 6 – ввод сетевого питания; 7 – вывод сетевого питания; 8, 9 – ответный блок; 10 – колонка; 11 – линейный самописец*

Таблица 5

*Технические характеристики стандартного датчика*

Тип преобразователя	С переменной индуктивностью
Ширина кончика иглы	2 мкм
Усилие на игле (в средней точке диапазона смещения)	1 мН (100 мГ)
Радиус ползуна	50,8 мм
Усилие на ползуне	0,4 Н
Диапазон измерения	0,175 мм
Диапазон установки	0,65 мм

**Процессор** представляет собой универсальный модуль, включающий цифровой микропроцессор для обеспечения получения широкого диапазона параметров, измеренных на профилях шероховатости, волнистости и на несглаженных профилях. Помимо цифрового табло, в котором отражаются параметры, модуль имеет встроенный самописец (печатающее устройство), что обеспечивает получение распечатки значений параметров, а также получение профилограмм и графиков процента несущей поверхности.

Процессор включает схемы, необходимые для обработки и хранения информации от датчика, расчета и отображения параметров и управления подающим устройством. Процессор включает также комбинированное устройство, состоящее из алфавитно-печатающего устройства и графического регистратора.

Функции, выполняемые процессором, могут быть сгруппированы следующим образом:

- 1) хранение данных профиля;
- 2) расчет, отображение и распечатка параметров;
- 3) выбор условий измерения – вертикального увеличения и базовой длины;
- 4) управление подающим устройством;
- 5) отображение смещение иглы;
- 6) корректировка калибровки;
- 7) распечатка значений параметров;
- 8) построение профилограмм и графиков.

Все данные для оценки, выполняемой на сглаженных или несглаженных профилях, собираются в течение одного цикла измерительной трассы, причем информация по данным профилям отправляется в запоминающее устройство, после чего выполняется расчет параметров на базе этой информации. Профилограммы могут быть построены на базе данных запоминающего устройства или непосредственно при выполнении цикла измерения.

Длина участка измерения для непосредственного построения графика находится под контролем проводимого измерения.

Печатающее устройство – самописец (**11**) представляет собой комбинированный блок, который обеспечивает выполнения электрической печати на электро-чувствительной номограммной бумаге. Алфавитно-цифровое печатающее устройство используется для регистрации значений параметров, а также для распечатки стандартных заголовков, которые выполняются перед всеми записями – графическими или алфавитно-цифровыми.

Технические характеристики, приведенные ниже, относятся ко всей системе.

Таблица 6

*Технические характеристики*

Диапазон температуры окружающей среды	Хранение	-5 °C÷55 °C
	Работа	+5 °C÷45 °C
Относительная влажность окружающей среды		10÷90 %
Электропитание		90÷130 В и 180÷260 В 50 и 60 Гц
Потребление энергии		150 ВА макс

## Порядок работы

### I часть

1. Включить прибор в сеть и нажать кнопку «**Mains**».
2. Поднять иглу, вместе с датчиком и подающим устройством вертикально вверх при помощи переключателя вертикального перемещения «**Vertical traverse**», находящегося в правом нижнем углу стойки.
3. Перед выполнением измерения установить образец в определенном положении относительно трассы, а именно установить измеряемый образец на стойку, используя прижимные приспособления, так чтобы поверхность образца была параллельна относительно трассы перемещения датчика.
4. Опускать датчик до тех пор, пока игла не переместится к центру своего измерения, чтобы зеленая метка появилась на индикаторе смещения иглы «**Pick-up position**», который показывает пределы рабочего диапазона. Крайние красные метки указывают на то, что игла вышла за пределы диапазона, а также направления выхода.
5. Для измерения параметров шероховатости необходимо установить
  - 5.1. Переключатель ползуна в положение «**Skid**».
  - 5.2. Переключатель распечатки параметров в положение «**Off**» (нет распечаток).
  - 5.3. Переключатель на профильном селекторе в положение **R (Roughness)**.
  - 5.4. Переключатель калибровки «**Calibrate**» в нижнее положение.
  - 5.5. Переключатель изменения калибровки в центральном положении, между «+» и «-».

- 5.6. Переключатель записи, графиков и длину графика в центральное положение.
- 5.7. Переключатель кривой  $tr$  в нижнее положение.
- 5.8. Переключатель длины трассы в нижнее положение – значение 0,08.
- 5.9. «**Fine adjust**» в центральное положение;
- 5.10. Селектор возврата в нейтральном положении **O**, при котором движение прекращается в конце трассы.
- 5.11. Профильный переключатель в положение «**Normal**», при котором построенный профиль будет иметь то же самое соотношение воздух/металл, что на измеряемой поверхности.
6. Установить необходимое увеличение по горизонтали (**×5**).
7. Установить необходимое увеличение по вертикали.
8. Установить необходимую базовую длину.
9. Убедиться, что длина участка измерения достаточна для проведения требуемого измерения, таким образом, чтобы индикатор смещения иглы не выходил за границы измерения.
10. Нажать кнопку «**Measure**» и наблюдать включится ли индикатор выхода за пределы диапазона.
11. Если индикатор выхода за пределы диапазона включился, то изменить увеличение  $V_v$  в необходимом направлении и повторить измерения.
12. Записать необходимые параметры шероховатости поверхности в протокол для измерения (табл. 7).
13. Определить класс шероховатости из табл. 8.

## II часть

1. Для снятия профиля поверхности необходимо установить
  - селектор записи в положение «**Profile direct**»,
  - селектор возврата в положение «**Non timed**». В этом случае длину участка смотрим по передвижной шкале;
  - либо селектор возврата в нейтральном положении (**O**) и устанавливается необходимая базовая длина.

*Примечание:* при снятии профиля поверхности идет запись только на бумаге, вычисления не производятся.
2. Нажать кнопку измерения «**Measure**».
 

Примечание:

  - если длина **фиксированная**, прибор сам выключится после прохождения нужного участка,
  - если длина **не фиксированная**, выключать прибор необходимо вручную (повторное нажатие кнопки «**Measure**»).
3. Выключить прибор нажатием кнопки «**Mains**».





## Справочный материал по ГОСТ 2789-73

Классы шероховатости поверхности				
Классы шероховатости поверхности	Разряды	Параметры шероховатости, мк м		Базовая длина l, мм
		R <sub>a</sub>	R <sub>z</sub>	
1	—		От 320 до 160	8,0
2	—		От 160 до 80	
3	—		От 80 до 40	
4	—		От 40 до 20	2,5
5	—		От 20 до 10	
6	а	От 2,5 до 2,0	—	0,8
	б	2,0 1,6	—	
	в	1,6 1,25	—	
7	а	от 1,25 до 1,0	—	
	б	1,00 0,80	—	
	в	0,80 0,63	—	
8	а	От 0,63 до 0,50	—	
	б	0,50 0,40	—	
	в	0,40 0,32	—	
9	а	От 0,32 до 0,25	—	0,25
	б	0,25 0,20	—	
	в	0,20 0,16	—	
10	а	От 0,16 до 0,125	—	
	б	0,125 0,100	—	
	в	0,100 0,080	—	
11	а	От 0,08 до 0,063	—	
	б	0,063 0,050	—	
	в	0,050 0,040	—	
12	а	От 0,040 до 0,032	—	
	б	0,032 0,025	—	
	в	0,025 0,020	—	
13	а	—	от 0,100 до 0,080	0,08
	б	—	0,080 0,063	
	в	—	0,063 0,050	
14	а	—	От 0,050 до 0,040	
	б	—	0,040 0,032	
	в	—	0,032 0,025	

## **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ**

1. Сделайте выводы и заключения о состоянии поверхности на основании полученных профилей поверхности.
2. Сделайте выводы и заключения о состоянии поверхности на основании данных о параметрах шероховатости и о классе шероховатости.
3. Сделайте выводы о состоянии поверхности на основании средних значениях параметров шероховатости.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятия «шероховатость поверхности».
2. Какую информацию можно получить из данных о морфологии поверхности?
3. Какое влияние оказывает шероховатость имплантатов на костеобразование?
4. Какие Вы знаете способы создания шероховатой поверхности.
5. Определите шесть основных параметров нормирования шероховатости поверхности.
6. Три группы классификации параметров шероховатости.
7. Перечислите основные блоки измерительной системы «Талисэрф 5».

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Хлусов И.А., Пичугин В.Ф., Рябцева М.А. Основы биомеханики биосовместимых материалов и биологических тканей.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 152 с.
2. Руководство по эксплуатации системы «Талисэрф 5». – 1982. – 76 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ИЗУЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ .....	3
Теоретическое содержание .....	3
Экспериментальная установка .....	10
Порядок работы .....	14
ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ .....	18
Контрольные вопросы .....	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	18

Учебное издание

ПИЧУГИН Владимир Федорович  
РЯБЦЕВА Мария Александровна

## ИЗУЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Материаловедение поверхности и тонких пленок» для магистрантов, обучающихся по магистерской программе 150600 «Материаловедение и технология новых материалов» направления 150616 «Новые материалы и технологии в медицине, медицинской технике и стоматологии»

Научный редактор  
доктор физико-математических  
наук, доцент

*В.Ф. Пичугин*

Верстка

*В.П. Аршинова*

Дизайн обложки

*О.Ю. Аршинова  
О.А. Дмитриев*

Подписано к печати 21.11.2008. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».


Печать XEROX. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,05.

Заказ 834. Тираж 100 экз.



Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.