

ВЫБОР ДЛИНЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОФИЛЬНОГО МЕТОДА

Измерение параметров шероховатости производится на длине базовой линии, что приводит к не вполне корректному определению полученных оценок. Рассматриваются проблемы, связанные с использованием базовой длины в профильном методе, и обосновывается необходимость введения понятия минимально достаточного участка измерения.

Ключевые слова: базовая длина, длина оценивания, шероховатость, волнистость, профиль.

Введение

Постановка проблемы. В настоящее время определение геометрических параметров качества поверхности, в основном, производится с использованием ГОСТ 2789-73 [1] и ДСТУ ГОСТ 25142:2009 [2], в которых, нормирование и определение параметров шероховатости предписывается производить на базовой длине (длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности [2]).

Аналогичный подход регламентируется в стандартах ДСТУ ISO 4287-2002 [3] и ДСТУ ISO 4288-2001 [4], определяющих использование профильного метода, позволяющего давать комплексную оценку микро- и макро неровностей поверхностного слоя.

При этом базовая длина призвана служить шаговой границей между шероховатостью («совокупностью неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины» [1]) и другими видами неровностей [5]. Этого можно достичь, если длина базовой линии будет несколько раз помещаться внутри шага волнистости (см. рис. 1). При увеличении длины базовой линии высотные оценки будут содержать не только величины неровностей шероховатости, но и волнистости. То есть величина базовой длины должна определяться шаговыми параметрами волнистости, а не высотными, что предписано в стандартах [1–4]. Это составляет определённую проблему, так как измерение параметров волнистости в стандартах [1, 2] не предусматривается, а в [3, 4] рассмотрено не достаточно полно.

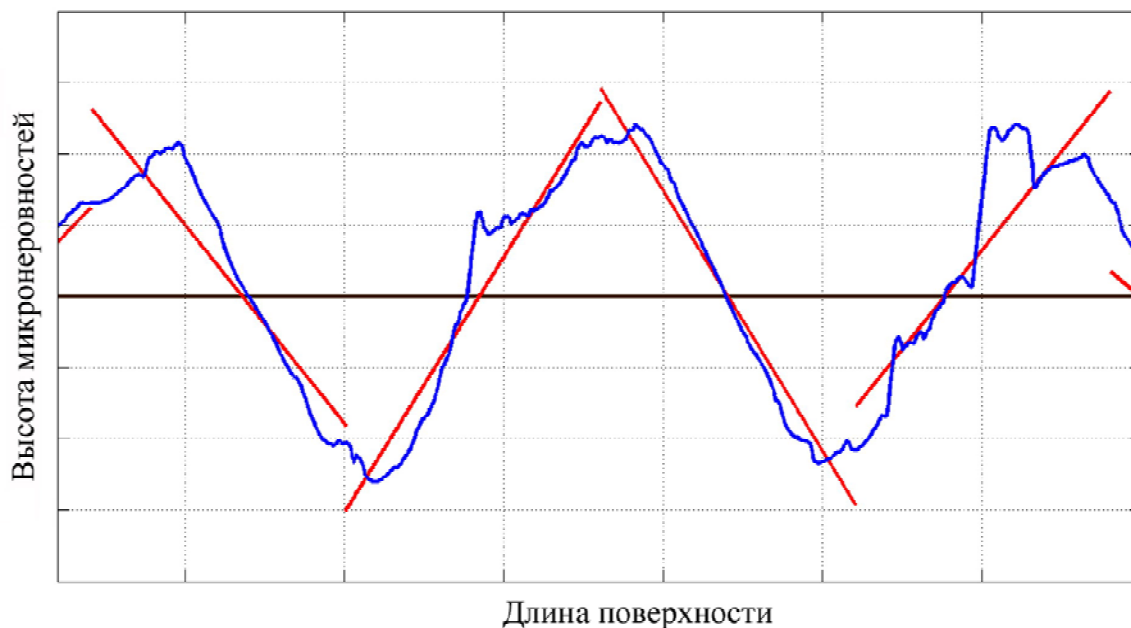


Рис. 1. Оптимальное положение базовой линии при определении шероховатости

Не случайно, по мнению авторов [5, 6], сам принцип разделения параметров шероховатости и волнистости с помощью стандартного набора значений длин базовых линий (0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8) так и остался не обоснованным и физического смысла не имеет.

Целью статьи является формирование критериев выбора длин участков, необходимых для комплексной оценки геометрических параметров качества поверхностного слоя.

Методика проведения эксперимента. Исследование параметров шероховатости производилось на образцах обработанных цилиндрическим фрезерованием на стенде, имитирующем обработку деталей с различной степенью жесткости [8] (см. рис. 2). Конструкция стенда позволяет изменять длину упругой пластины 2, что приводит к возможности воспроизведения условий фрезерования деталей от жестких до мало жестких.

Профилограммы поверхности обработанных образца записывалась на профилографе-профилометре Калибр-170311 при скорости трассирования 6 мм/мин на всей длине образца с использованием АЦП мод. Е-140 подключаемого к аналоговому выходу профилографа.

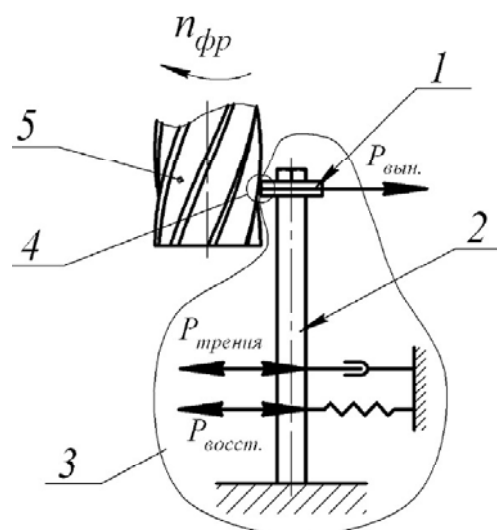


Рис. 2. Схема стенда для изучения процесса фрезерования деталей с различной жесткостью: 1 – обрабатываемый образец; 2 – упругая пластина; 3 – упругая система деталь – приспособление; 4 – зона резания; 5 – концевая фреза

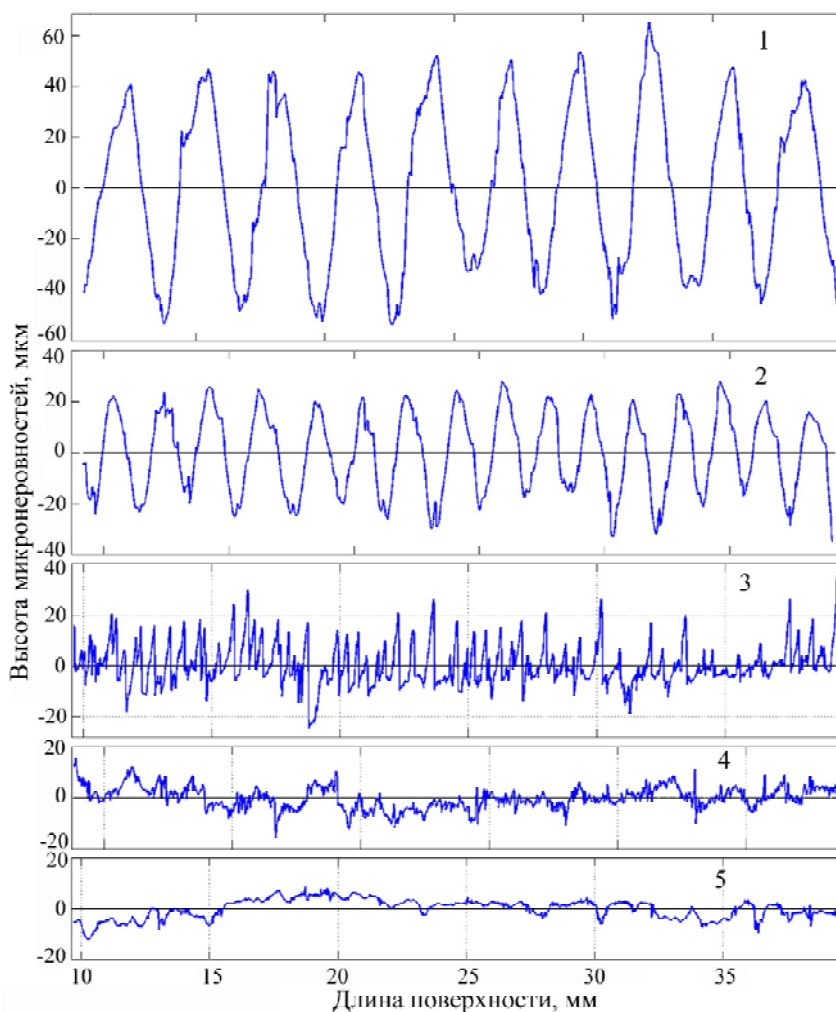


Рис. 3. Основной профиль исследуемых образцов на длине оценивания: 1, 2, 3, 4, 5 – номера образцов

Сигнал через АЦП передавався на комп'ютер, в котро-
 ром запис профілограмми проводиться с использо-
 ванием пакетов «L-Graph» и «Power-Graph».

Обработка профілограмм и определение парамет-
 ров качества поверхностного слоя выполнено с использо-
 ванием программного обеспечения, разработанно-
 го на кафедре ТМС ЗНТУ.

Эксперименты выполняли на образцах из стали Ст. 3
 с размерами 50×20×4 мм. Представленные образцы ото-
 браны из более чем 200 проведенных измерений, как
 типичные представители своих классов чистоты повер-
 хности.

Профілограммы основного профиля, профиля
 шероховатости, волнистости и формы выполнялись с
 использованием фильтра Гаусса, имеющего краевой
 эффект, что оказывает на вид профілограмм в начале и
 в конце образца существенное влияние [9]. Для исклю-
 чения чего исследование проводилось на длине оцени-
 вания 30 мм, в центре образцов. На рисунке 3 пред-
 ставлены профілограммы длин оценивания исследуемых
 образцов.

Исследуемые параметры определялись на каждой
 базовой длине, после чего вычислялось их среднее зна-
 чение в соответствии с требованиями [2].

Теория и анализ полученных результатов

Длина участка, на котором производится оценка
 качества поверхности, оказывает существенное влия-
 ние на величину исследуемых параметров (см. рис. 4).
 Из представленного видно, что для всех образцов фун-
 кции описывающие зависимость Ra от длины оценива-
 ния, имеют явно выраженное стремление к пределу.
 При этом надо иметь в виду, что полученные значения
 зачастую содержит суммарную оценку всех видов нер-
 ровностей – отклонения формы, волнистости и шеро-
 ховатости.

Учитывая оценку применения «стандартной базо-
 вой длины» изложенную в [5, 6], как не имеющую фи-
 зического и естественного обоснования, необходимо
 ответить на вопрос, какой результат мы получаем, ис-
 пользуя традиционный подход. То есть, что входит в
 значение Ra и другие параметры, измерение которых
 проводится с использованием базовой длины.

При оценке параметров качества поверхности, в
 соответствии с требованием стандартов ГОСТ 2789-73
 и ДСТУ ГОСТ 25142:2009, длины базовых линий будут:
 для образцов № 1, 2 – 8 мм, № 3 – 2,5 мм, № 4 – 0,8 мм,
 № 5 – 0,25 мм. Результаты, представленные в таблице 1,
 показывают, что выбранные образцы захватывают ши-
 рокую область классов чистоты поверхности от 2-го до
 9-го. Что позволяет распространить результаты данно-
 го исследования на большинство классов чистоты по-
 верхности, полученных лезвийной обработкой.

Расположение базовых линий (см. рис. 5) в разных клас-
 сах чистоты поверхности приводит к тому, что в получае-
 мые оценки могут входить высоты шероховатости и волни-
 стости одновременно (образцы 1, 2 и 3). В других случаях
 (образцы 4, 5) только шероховатости. В большинстве слу-
 чаев рекомендованные стандартами длины базовых линий
 исключают из оценивания отклонения формы.

Характер неровностей образцов разных классов чи-
 стоты поверхности и расположение базовых линий су-
 щественно отличается. Что приводит к тому, что в од-
 ном случае, в полученных результатах имеется обоб-
 щенная оценка шероховатости и волнистости, в другом
 – оценивается практически только шероховатость. Что
 не позволяет сравнивать параметры шероховатости,
 полученные с использованием базовой длины, на об-
 разцах разных классов чистоты поверхности. Т. е. воз-
 можность сравнения и качественной оценки результа-
 тов исследований возможна только в пределах одного
 или двух соседних классах.

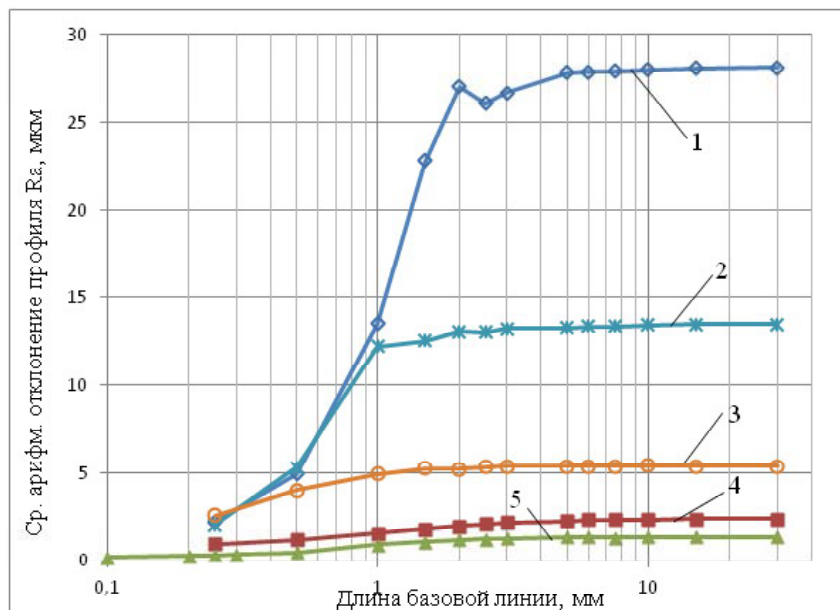


Рис. 4. Влияние длины базовой линии на величину Ra: 1, 2, 3, 4, 5 – номера образцов

Таблица 1 – Параметры качества поверхности по ГОСТ 2789-73 и ДСТУ ГОСТ 25142:2009

№ образца	Класс чистоты	Базовая длина	Длина оценки	Ra, мкм
1	2	8	30	28,35
2	3	8	30	14,00
3	4	2,5	30	5,35
4	6в	0,8	30	1,47
5	9a	0,25	30	0,30

С учетом того, что назначение размера базовой длины [1] производится по высотным параметрам – Ra, Rz, Rmax, можно сделать вывод, что их использование для выбора длины участка, на котором нужно проводить измерение, является некорректным.

В то же время, назначение минимально достаточной длины измерения (т. е. длины, дальнейшее увеличение которой не приводит к существенному изменению полученных результатов, а их разброс не превышает $\pm 3 \dots 5\%$) является первым и чрезвычайно важным шагом при исследовании параметров качества поверхности.

Использование профильного метода позволяет получать оценку параметров всех видов неровностей (основного профиля, профиля шероховатости, – волнистости и – формы) по результатам одного сканиро-

вания поверхности. Поэтому длина, на которой производится измерение, должна содержать достаточное количество шагов (S_m) исследуемых профилей.

Необходимо иметь в виду, что шаг различных видов неровностей будет существенно отличаться.

Наибольшим шагом обладает профиль формы. Причем увеличение длины, на которой производится оценивание, в большинстве случаев ведет к увеличению шага и сопутствующему увеличению значений высотных оценок. То есть, определение параметров профиля формы желательно производить на максимальной длине, которую способен обработать используемый профилограф. Шаг шероховатости многократно укладывается в шаг волнистости. Следовательно, длина участка измерения, применяемая для оценки параметров волнистости, наверняка будет достаточной

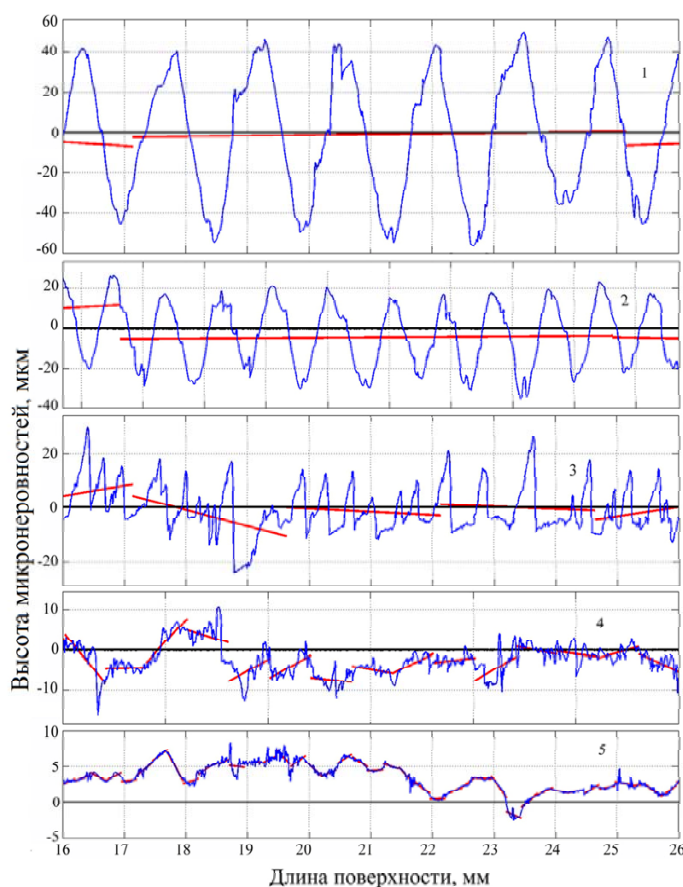


Рис. 5. Расположение базовых линий при оценке профиля: 1, 2, 3, 4, 5 – номера образцов

при определении показателей шероховатости.

Результаты проведенных исследований (см. рис. 6, а, б) показывают, что существует две характерных области получаемых значений Ra и Wa.

В первой области, начиная от минимальных длин измерения, получаемые значения оценок возрастают, причем это возрастание может носить как нестабильный, так и устойчивый характер.

Во второй – рост величины Ra и Wa, по мере увеличения длины измерения не происходит, а разброс значений находится, как правило, в небольшом интервале.

Длину оценивания параметров шероховатости и волнистости, соответствующую началу второго участка, можно считать достаточной для проведения корректных и сравнимых с результатами других исследований в широком диапазоне классов чистоты поверхности.

По полученным результатам такая минимально достаточная длина оценивания для волнистости начинается с 10 мм. Использование меньших длин оценивания приводит к получению заниженных результатов (рис. 6, б). Для образцов 1 и 2 разброс значений при этой длине оценивания не превышает $\pm 3\%$. Но по мере

увеличения класса чистоты поверхности растет и величина разброса. В значительной мере это связано с уменьшением абсолютных значений средне арифметического отклонения. Наиболее устойчивые результаты получены в диапазоне длин оценивания – 20÷30 мм (таблица 2). В этом диапазоне разброс значений Wa для всех образцов не превышает $\pm 2\%$.

Для шероховатости (рис. 6, а, таблица 3) начало второго участка в большинстве случаев начинается с длины оценивания 15 мм.

Допустимый разброс средне арифметического отклонения шероховатости, в виду существенно меньших их значений, можно принять равным $\pm 5\%$.

Такое значение в большинстве случаев достигается при длине оценки 10–15 мм (табл. 3). А для всех образцов требуемый уровень погрешности обеспечивается на длине оценивания 25–30 мм. Проведение измерений как для оценки шероховатости, так и волнистости приводит к получению заниженных результатов (рис. 6, а, б). Что делает нежелательным применение рекомендованных существующими стандартами длин базовых линий.

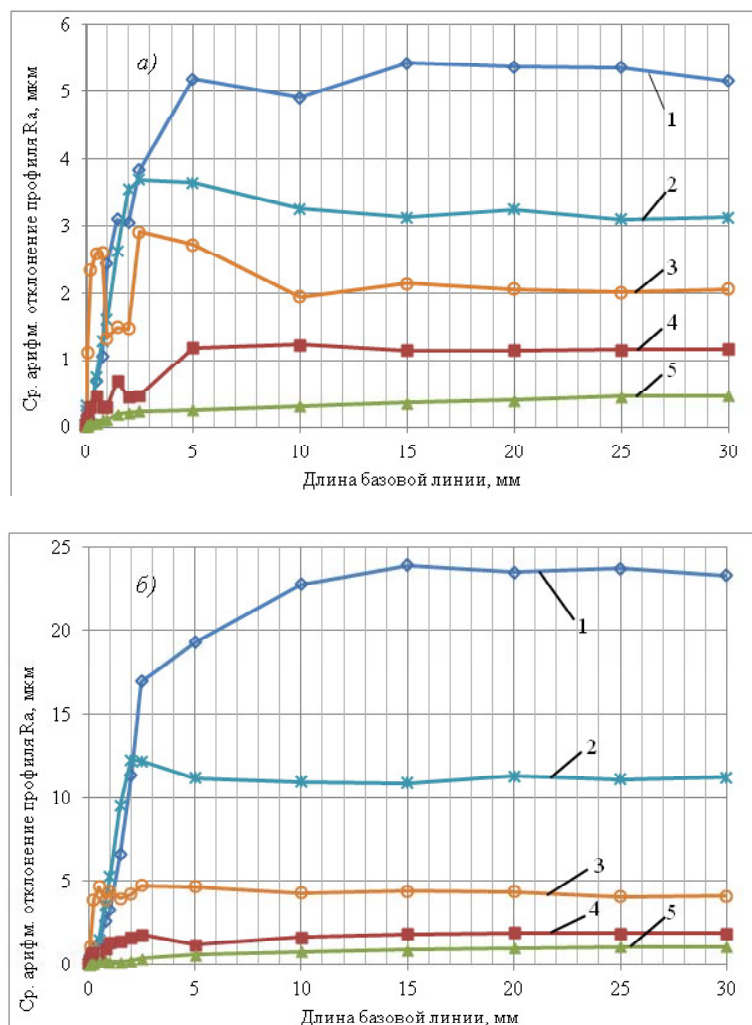


Рис. 6. Влияние длины участка измерения на значение средне арифметического отклонения: а – Ra, б – Wa; 1, 2, 3, 4, 5 – номера образцов

Таблица 2 – Разброс значений средне арифметического отклонения волнистости

	Номер образцов									
	1		2		3		4		5	
Шаг волнистости, мм	2,296		1,856		0,6201		1,745		1,342	
Длина оценивания, мм	Wa, мкм	\Delta , %	Wa, мкм	\Delta , %	Wa, мкм	\Delta , %	Wa, мкм	\Delta , %	Wa, мкм	\Delta , %
0,8	2,581		3,587		3,857		0,9187		0,1849	
1	3,289		5,272		4,391		1,289		0,1489	
1,5	6,598		9,54		3,967		1,373		0,1236	
2	11,31		12,22		4,217		1,633		0,2016	
2,5	16,98		12,15		4,715		1,773		0,3665	
5	19,28	17,3	11,17	0,4	4,661	13,5	1,186	36,6	0,5905	34,5
10	22,79	2,3	10,92	2,6	4,279	4,2	1,641	12,2	0,7733	28,9
15	23,91	2,5	10,85	3,2	4,379	6,6	1,812	3,1	0,8832	18,7
20	23,50	0,8	11,27	0,5	4,352	5,9	1,914	2,4	0,9844	9,4
25	23,75	1,8	11,07	1,2	4,06	1,2	1,848	1,2	1,093	0,6
30	23,32	0	11,21	1,3	4,108	0	1,87	0	1,087	0,0

Таблица 3 – Разброс значений средне арифметического отклонения шероховатости

	Номер образцов									
	1		2		3		4		5	
Длина оценивания, мм	Ra, мкм	\Delta, %	Ra, мкм	\Delta, %	Ra, мкм	\Delta, %	Ra, мкм	\Delta, %	Ra, мкм	\Delta, %
0,8	1,05		1,27		2,59		0,30		0,11	
1,0	2,43		1,60		1,32		0,29		0,11	
1,5	3,09		2,61		1,48		0,70		0,19	
2,0	3,04	41,1	3,54	13,3	1,46	28,7	0,44	62,0	0,21	54,1
2,5	3,83	25,6	3,69	18,0	2,90	41,4	0,47	59,6	0,24	48,3
5,0	5,17	0,4	3,64	16,6	2,72	32,4	1,18	1,1	0,26	43,1
10	4,90	5,0	3,25	4,1	1,93	5,2	1,23	5,3	0,31	31,3
15	5,42	5,1	3,12	0,2	2,14	4,2	1,15	2,0	0,36	20,9
20	5,36	4,1	3,24	3,7	2,05	0	1,15	1,6	0,39	13,5
25	5,35	3,9	3,09	1,1	2,01	2,0	1,15	1,3	0,45	1,6
30	5,15	0	3,12	0	2,05	0	1,17	0	0,46	0

С точки зрения шаговых показателей, для регулярных [10] профилей (образцы 1, 2) минимально достаточная длина измерения содержит не менее 4–5 шагов WSm. У случайных (нерегулярных) – в минимально достаточную длину укладывается 14–16 шагов WSm (образцы 3–5).

Выводы

Использование рекомендованных длин базовых линий по ГОСТ 2783 при определении параметров шероховатости приводит в одних случаях к одновременному учету в полученных оценках высот как шероховато-

сти, так и волнистости, в других – только шероховатости. При этом результаты измерений являются заниженными.

Для определения участка, на котором проводятся измерения параметров качества поверхности (профилей: шероховатости, волнистости отклонения формы), предлагается использовать термин минимально достаточная длина измерения, определяющий такую длину, увеличение которой не приводит к существенному изменению показателей и обеспечивает их минимальный разброс.

Оценивание параметров качества поверхности следует проводить одним измерением на участке, длина которого не меньше минимально достаточной длины измерения – 10 мм.

Рекомендованная длина оценивания (измерения) 25–30 мм.

Список литературы

- ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – М. : Стандартинформ, 2005. – 9 с.
- ДСТУ ГОСТ 25142:2009. Шероховатость поверхности. Термины и определения – Киев: ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2009. – 22 с.
- ДСТУ ISO 4287-2002. Технические требования к геометрии изделий (GPS). Структура поверхности. Термины, определения и параметры структуры поверхности (ISO 4287:1997, IDT). – Киев : ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2002. – 16 с.
- ДСТУ ISO 4288-2001. Технические требования к геометрии изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Правила и процедуры оценивания структуры поверхности (ISO 4288:1996, IDT). – Киев: ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2002. – 10 с.
- Дунин-Барковский И. В. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / Дунин-Барковский И. В., Карташова А. Н. – М. : Машиностроение, 1978. – 232 с.
- Справочник технолога-машиностроителя под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова / 4-е изд. перераб. и доп. – Том 1. – М. : Машиностроение, 1986. – 656 с.
- ДСТУ 2413-94. Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення. – Введ. 01.01.1995.
- Внуков Ю.Н. Стенд для изучения механических колебаний при фрезеровании маложестких деталей при концевом фрезеровании / Внуков Ю.Н., Логоминов В.А., Каморкин П.А. // Резание и инструмент в технологических системах : Межд. научн. техн. сб. – Вып. 80 – Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. – С. 32–37.
- Каморкин П. А. Применение фильтра Гаусса для определения геометрических параметров качества поверхности профильным методом / П. А. Каморкин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. – 2013. – Вып. 1(10)'2013. С. 108–115.
- Хусу А. П. Шероховатость поверхности / Хусу А. П., Витенберг Ю. Р., Пальмов В. . – М. : Наука, 1975. – 344 с.

Одержано 05.12.2014

Каморкін П.А. Вибір довжини оцінювання при вимірюванні параметрів якості поверхні з використанням профільного методу

При вимірюванні параметрів шорсткості використовується довжина базової лінії, що призводить до не зовсім правильного визначення її оцінок. Розглянуто проблеми, пов'язані з використанням базової довжини в профільному методі і необхідністю впровадження поняття мінімально достатньої довжини вимірювання.

Ключові слова: базова довжина, довжина оцінювання, шорсткість, хвилястість, профіль.

Kamorkin P. Choice of estimation length while measuring surface quality parameters using profile method

Roughness parameters measurement performed on the line of sampling length, results in not quite correct estimations. The problems associated with use of sampling length in profile method, and necessity of introduction of the minimally sufficient plot measurements concept are observed. are observed.

Key words: sampling length, evaluation length, roughness, roughness, profile.