

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-402-410

RESEARCH OF BENDING ENDURANCE OF GEAR WHEELS IN MARINE GEARBOXES SUBJECTED TO SURFACE HARDENING BY HIGH-FREQUENCY CURRENTS

A. Salameh

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation

The investigation of influence of the roughness and microroughness in transitional surfaces of gear wheels zone on their flexural endurance is given in the paper. The technology of manufacturing gear wheels and the quantity of manual polishing of tooth cavities in the total complexity of their fabrication, as well as the applied steel grades for wheels hardened by surface quenching with high frequency currents is considered. The requirements to the quality of the tooth surface after machining are presented. The designs of circular samples, experimental gears and test conditions are determined. The modes of hardening by high-frequency currents of samples and wheels are presented. The ranges of roughness and values for the stresses under which the studies are carried out are justified. The results of the tests were processed by carrying out a regression analysis. The results were presented analytically in the form of an equation of the fatigue tests of specimens and teeth in the area of limited endurance, it is evident that the slope of the branches of the fatigue curves for teeth and specimens differ depending on the surface roughness, provided that the slope increases with increasing roughness. It is established that the limit of endurance of samples and wheels in the roughness range Rz 0,440 does not practically decrease. Further increase in the surface roughness to Rz 250 μ m reduces the endurance limits for symmetrical and pulsating cycles by 22 ... 24 %.

In the result of the study, the norms of the roughness of the transitional surfaces of gear wheels subjected to surface hardening by high-frequency currents are grounded. The results can also be used to perform calculations for the bending cyclic strength of gear wheels.

Keywords: surface hardening, high frequency currents, gears, bending fatigue strength, fillet surfaces, marine gear clutch, gear roughness.

For citation:

Salamex, Ali. "Research of bending endurance of gear wheels in marine gearboxes subjected to surface hardening by high-frequency currents." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.2 (2017): 402–410. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-402-410.

УДК 621.833.15:629.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ ЗУБЬЕВ КОЛЕС СУДОВЫХ РЕДУКТОРОВ, ПОДВЕРГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКЕ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

А. Саламех

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Российская Федерация

В работе дано обоснование исследования влияния шероховатости и микронеровности в зоне переходных поверхностей зубчатых колес на их изгибную выносливость. Рассмотрена технология изготовления зубчатых колес и доля операции по ручному полированию впадин зубьев в общей трудоемкости их изготовления, а также применяемые марки стали для колес, упрочняемых поверхностной закалкой токами высокой частоты. Представлены требования к качеству поверхности зубьев после механической обработки. Определены конструкции круглых образцов, опытных зубчатых колес и условия испытаний. Представлены режимы закалки токами высокой частоты образцов и колес. Обоснованы диапазоны шероховатостей и значения для напряжений, при которых проводятся исследования. Произведена обработка результатов испытаний путем проведения регрессионного анализа, которые представлены аналитическим способом



в виде уравнения эмпирической линии регрессии и графическим способом в системе координат с осями о, lg N. По результатам проведенных усталостных испытаний образцов и зубьев в области ограниченной выносливости можно сделать вывод о том, что наклон ветвей кривых усталостей для зубьев и образцов отличается в зависимости от шероховатости поверхности, причем наклон увеличивается с увеличением шероховатости. Установлено, что предел выносливости образцов и колес в диапазоне шероховатости Rz 0,4 ... 40 практически не снижается. Дальнейшее увеличение шероховатости поверхности до Rz 250 мкм снижает пределы выносливости при симметричном и пульсирующем циклах на 22 ... 24 %. В результате исследования обоснованы нормы шероховатости переходных поверхностей зубчатых колес, подвергаемых поверхностной закалке токами высокой частоты. Полученные результаты также могут быть использованы при выполнении расчетов на изгибную циклическую прочность зубчатых колес.

Ключевые слова: поверхностная закалка, токи высокой частоты, зубчатые колеса, изгибная выносливость, переходные поверхности, судовой редуктор, шероховатость зубьев.

Для цитирования:

Саламех А. Исследование изгибной выносливости зубьев колес судовых редукторов, подвергаемых поверхностной закалке токами высокой частоты / А. Саламех // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 10. — № 2. — С. 402–410. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-402-410.

Введение (Introduction)

Особенные условия, при которых эксплуатируются судовые редукторы, обусловливают при их ремонте замену зубчатых колес на новые с соблюдением технических требований чертежа. Для высоконагруженных судовых редукторов применяют цилиндрические зубчатые колеса с прямыми и с косыми зубьями. Зубчатые колеса изготавливаются из легированной стали с содержанием никеля и хрома и подвергаются поверхностной закалке токами высокой частоты. К зубчатым колесам предъявляют высокие требования по точности изготовления и качеству отделки [1].

Заготовками для зубчатых колес являются поковки, подвергаемые термическому улучшению из сталей марок 40ХН, 55ПП, 45ХН. После механической обработки цилиндрических поверхностей заготовки на токарном станке зубья нарезаются за две операции: черновое и чистовое зубофрезерование с применением черновых, чистовых и прецизионных червячных фрез. С целью достижения высокой точности изготовления колес ограничивают собственные вибрации станков путем их установки на виброизолирующем фундаменте.

Шероховатость переходных поверхностей зубьев колес назначают по Rz = 4,0 мкм, которая достигается ручным полированием с помощью пневмомашинок и абразивной ленты. Доля операции по полированию переходных поверхностей зубьев в общей трудоемкости изготовления зубчатых колес составляет 10 ... 15 %. Высокие требования по качеству обработки переходных поверхностей объясняются стремлением к снижению концентрации напряжения от микронеровностей, отрицательно влияющей на предел выносливости зубьев [2]. Исследователи считают, что упрочнение материала в виде поверхностной закалки ликвидирует отрицательное влияние на изгибную выносливость мелких надрезов, какими являются следы механической обработки [3].

Существует научное мнение о том, что концентрация напряжений, обусловленная микрогеометрией поверхности после механической обработки, не распространяется глубоко в толщину металла, а локализуется в поверхностном слое с толщиной одного порядка с глубиной впадин. Упроченный слой, получаемый на поверхности детали при термической обработке, обычно значительно превосходит по толщине слой, в котором имеет место концентрация напряжений [4].

В связи с ранее изложенным возникает вопрос об обоснованности высокого требования Rz = 4,0 мкм к шероховатости переходных поверхностей зубьев, подвергаемых поверхностной закалке токами высокой частоты (ТВЧ) [5]. Применение в качестве материала для зубчатых колес судовых редукторов стали повышенной прочности, подвергаемой поверхностной закалке ТВЧ, должно полностью компенсировать отрицательное влияние качества поверхности после процесса зубофрезерования на изгибную выносливость зубьев, которое в результате должно исключить операцию ручного полирования из технологического процесса изготовления зубчатых колес для высоконагруженных судовых редукторов.



В работах [6], [7] установлено влияние шероховатости переходных поверхностей цементированных зубьев колес на их ограниченную выносливость, а в предлагаемом исследовании решается вопрос об установлении влияния шероховатости переходных поверхностей и впадин зубьев, упрочненных поверхностной закалкой токами высокой частоты на их усталостную изгибную прочность.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Испытания на усталостную изгибную выносливость выполнялись на круглых образцах диаметром 10 мм с выточкой радиусом R = 50 мм, где поверхности выточек были обработаны на станках с числовым программным управлением с разной шероховатостью Rz, равной 0,4; 4,0; 40,0; 130,0 и 250,0 мкм [8], [9]. Режимы резания и шероховатости выточек представлены в табл. 1. Также усталостные испытания проводились на натурных зубчатых колесах модуля 6 мм, имеющих в области переходных поверхностей продольные риски, имитирующие следы от механической обработки данных поверхностей (табл. 2). Образцы и колеса изготовлены из стали 40 XH и упрочнены поверхностной закалкой токами высокой частоты на ламповом генераторе мощностью 160 кВт при частоте тока 66000 Гц [10]. Режимы закалки ТВЧ представлены в табл. 3.

Таблица 1

Образец]	Dz. MgM		
Образец	<i>V</i> , об/мин	<i>S</i> , м/мин	<i>t</i> , MM	IXZ, MKM
Диаметр 10 мм, <i>R</i> = 50 мм	1800	0,02	0,5	0,4 0,5
	1400	0,04	0,5	3,8 4,0
	1400	0,22	1	36,0 40,0
	600	0,68	1	128,0 134,0
	450	1,62	1	248,0 258,0

Шероховатость выточек круглых образцов

Таблица 2

Шероховатость переходных поверхностей и впадин зубьев колес

	Номер зуба	Rz, мкм		Номер зуба	Rz, мкм
	1 - 10	0,38 0,40		1 – 10	0,38 0,40
Varaaa Na 1	11 - 20	4,0 4,2	Varaaa Ma 2	11 - 20	4,0 4,2
	21-30	36,0 40,0	Koneco № 2	21 - 30	36,0 40,0
	31-40	128,0 134,0		31 - 40	128,0 134,0
	41 - 50	248,0 258,0		41 - 50	248,0 258,0

Таблица 3

Параметры закалки ТВЧ

Частота тока; Гц	250000	70000	8 000	2500	1000	
Максимальная глубина	25 3	2.5	5.5	10.0	16.0	
закаленного слоя	2,5 5	2,5	5,5	10,0	10,0	
Минимальная глубина	0.3	1.0	13	2.4	3.6	
закаленного слоя	0,5	1,0	1,5	2,4	5,0	

Образцы, имеющие шероховатости выточек Rz 0,4; 4,0; 40,0; 130,0; 250,0, прошли испытания на экспериментальных установках круговым изгибом с постоянными амплитудными значениями напряжений при гармонической форме цикла на трех уровнях напряжений: 620, 545 и 470 МПа. Образцы с шероховатостью выточки Rz = 250 мкм были испытаны на уровнях напряжений 545, 470 и 395 МПа. Данные значения для напряжений были выбраны по следующим соображениям:

- верхний уровень напряжения принят равным 2/3 от предела прочности материала;
- нижний уровень напряжения составляет 50 % от предела прочности материала;
- средний уровень как среднеарифметическое от верхнего и нижнего уровней.



Результаты (Results)

Результаты испытаний круглы цилиндрических образцов представлены в табл. 4. Для построения наклонной ветви кривой усталости испытано по два образца диаметром 10 мм на трех уровнях напряжений. Значения амплитуд изгибного напряжения и число циклов до поломки показаны в табл. 4.

Таблица 4

Шероховатость	Номер	Амплитуда	Число циклов	la N	$\frac{1}{1 \alpha N}$	
выточки Rz	образца	напряжений σ, МПа	до поломки N×105	Ig IV	ig iv	
	1	700	0,53	4,72	4,61	
	2	/00	0,32	4,50		
0.4	3	(50)	1,26	5,10	5,29	
0,4 MKM	4	050	3,02	5,48		
	5	(00	16,98	6,23	5.90	
	6	000	3,55	5,55	5,89	
	1	700	0,25	4,40	4.20	
	2	/00	0,22	4,35	4,38	
1	3	(50)	1,26	5,10	5,28	
4 MKM	4	650	2,82	5,45		
	5	(00	14,13	6,15	5.90	
	6	000	2,82	5,45	5,80	
	1	700	0,14	4,15	4.10	
40 мкм	2	/00	0,11	4,05	4,10	
	3	650	0,49	4,69	4,96	
	4	030	1,70	5,23		
	5	600	5,37	5,73	5 40	
	6	000	1,78	5,25	5,49	
	1	600	0,41	4,61	156	
	2	000	0,32	4,51	4,56	
120	3	550	1,78	5,25	5.26	
130 мкм	4	550	2,95	5,47	5,50	
	5	500	60,26	6,78	6.60	
	6	500	28,18	6,45	0,02	
	1	(00	0,05	3,70	2.65	
250 мкм	2		0,04	3,60	3,03	
	3	550	0,30	4,48	1.55	
	4	330	0,42	4,62	4,33	
	5	500	2,24	5,35	5 (0	
	6	500	6,92	5084	5,60	

Результаты усталостных испытаний образцов диаметра 10 мм

После обработки результатов испытаний путем проведения регрессионного анализа [11] в системе координат с осями σ , lg N были получены уравнения эмпирической линии регрессии для образцов с диаметром 10 мм и шероховатостью Rz, равной 0,4; 4,0; 40; 130; 250 мкм:

lg $N = 13,58 - 0,0128\sigma$; lg $N = 14,41 - 0,0143\sigma$; lg $N = 13,89 - 0,0139\sigma$; lg $N = 16,81 - 0,0206\sigma$; lg $N = 15,30 - 0,0195\sigma$.

На основе полученных уравнений были построены кривые усталости образцов диаметром 10 мм с шероховатостью Rz, равной 0,4; 4,0; 40; 130; 250 мкм, которые представлены на рис. 1.





Рис. 1. Кривые усталости поверхностно-закаленных ТВЧ образцов диаметра 10 мм при изменении шероховатости выточек в диапазоне 0,4 ... 250,0 мкм

Испытания закаленных зубьев на изгибную усталость проводили при пульсирующем цикле нагружения. Для построения кривой усталости было испытано по два зуба с одинаковой шероховатостью переходной поверхности на таких же уровнях напряжений, как для круглых образцов.

Результаты испытания приведены в табл. 5, где представлено число циклов, вызывающих поломку зубьев, и амплитуды напряжений [12]. После обработки результатов испытаний путем проведения регрессионного анализа в системе координат с осями σ , lg N были получены уравнения эмпирической линии регрессии для зубьев с шероховатостью переходных поверхностей Rz, равной 0,4; 4,0; 40; 130; 250 мкм:

lg $N = 12,97 - 0,0115\sigma$; lg $N = 13,26 - 0,0124\sigma$; lg $N = 13,93 - 0,0143\sigma$; lg $N = 15,78 - 0,0196\sigma$; lg $N = 14,14 - 0,0185\sigma$.

По полученным уравнениям были построены кривые усталости зубьев колес модуля 6 мм с шероховатостью Rz, равной 0,4; 4,0; 40; 130; 250 мкм, которые представлены на рис. 2.







Таблица 5

Результаты усталостных испытаний зубьев экспериментальных колес модуля 6 мм

Шероховатость переходной поверхности Rz	Номер образца	Амплитуда напряжений σ, МПа	Число циклов до поломки 105N	lg N	lg N
	1 2	675	1,48 1 78	5,17 5,25	5,21
0,4 мкм	3	- 650	3,89	5,59 5,41	5,50
	5	625	9,12 4 07	5,96	5,79
4 мкм	1	675	0,93	4,97	4,93
	3	- 650	1,18	5,07	5,13
	5	625	5,25	5,72	5,55
	1	675	0,18	4,25	4,27
40 мкм	3	650	0,39	4,59	4,67
	5	625	0,59	4,77	4,98

2018 год. Том 10. № 2

407



Таблица 5

(Окончание)
------------	---

	1	600	0,11	4,04	4,01	
	2		0,09	3,98		
120 1000	3	- 575 -	0,28	4,44	4,52	
150 MKM	4		0,39	4,59		
	5	- 550 -	1,18	5,07		
	6		0,81	4,91		
250 мкм	1	- 550 -	0,1	4,01	3,99	
	2		0,09	3,96		
	3	525	0,26	4,41		
	4	525	0,22	4,35	4,38	
	5	500	1,02	5,01	4 01	
	6	500	0,65	4,81	4,91	

Обсуждение (Discussion)

По результатам проведенных усталостных испытаний образцов и зубьев в вышеуказанном диапазоне шероховатости в области ограниченной выносливости видно, что наклон ветвей кривых усталости для зубьев и образцов отличается в зависимости от шероховатости поверхности, причем он увеличивается с увеличением шероховатости.

Определенные на базах 5·104, 1·105, 5·105, 1·106 циклов зависимости ограниченных пределов выносливости от шероховатости для образцов диаметром 10 мм представлены на рис. 3, a, а эта же зависимость для зубьев экспериментальных колеса модуля 6 мм на базах 5 × 104, 1 × 105 циклов приведена на рис. 3, \ddot{a} .



Рис. 3. Зависимости ограниченных пределов выносливости образцов диаметра 10 мм от шероховатости (*a*); выносливости зубьев экспериментальных колес модуля 6 мм от шероховатости (*б*)



Результаты испытаний показывают, что средние значения пределов выносливости незначительно зависят от шероховатости поверхности в диапазоне $Rz = 0,4 \dots 40$ мкм. Дальнейшее увеличение шероховатости поверхности до Rz = 250 мкм снижает пределы выносливости при симметричном и пульсирующем циклах на 22 … 24 % для образцов диаметром 10 мм и 26 … 28 % для зубьев экспериментальных колес модуля 6 мм.

Заключение (Conclusion)

Результаты исследования могут быть использованы при выполнении расчетов на прочность зубчатых колес: на выносливость при изгибе по ГОСТ 21354-87 [13]; при расчетах деталей, подвергаемых поверхностной закалке, по ГОСТ 25504-82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости» и РД 50-607-86 «Расчеты и испытания в машиностроении», а также при назначении шероховатости переходных поверхностей зубьев колес, подвергаемых поверхностному упрочнению закалкой токами высокой частотой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Корнилович С. А.* Повышение контактной выносливости поверхностного слоя зубьев шестерен при их изготовлении и ремонте / С. А. Корнилович // Омский научный вестник. — 2012. — № 2 (110). — С. 75–76.

2. *Руденко С. П.* Особенности расчета зубчатых колес трансмиссий на глубинную контактную выносливость / С. П. Руденко, А. Л. Валько // Вестник машиностроения. — 2015. — № 11. — С. 5–11.

3. *Katsuyuki M*. Повышение усталостной прочности шестерен посредством контурного индукционного воздействия и использования дробеструйной обработки / М. Katsuyuki, E. Hirohito, K. Kazuhiro [и др.] // Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. A. — 1995-65. — № 637. — С. 92–97.

4. *Чернявский И. С.* Анализ контактной и изгибной выносливости зубчатых колес трансмиссии трактора Т-150К / И. С. Чернявский, А. В. Устиненко // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ». — 2013. — № 40 (1013). — С. 186–190.

5. *Саламех А*. Обоснование норм шероховатости переходных поверхностей зубьев, упрочняемых поверхностной закалкой токами высокой частоты, при ремонте судовых тяжелонагруженных зубчатых передач: дис. ... канд. техн. наук / А. Саламех. — Астрахань, 2005. — 167 с.

6. *Рубан А. Р.* Ограниченная выносливость цементируемых зубьев колес судовых редукторов / А. Р. Рубан // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2011. — № 1. — С. 56–62.

7. Шеховцева Е. В. Упрочнение поверхностного слоя рабочих поверхностей зубчатых колес с помощью химико-термической обработки / Е. В. Шеховцева, Т. В. Шеховцева // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2017. — Т. 13. — № 8 (152). — С. 374–378.

8. Школьник Л. М. Методика усталостных испытаний: справочник / Л. М. Школьник. — М.: Металлургия, 1978. — 304 с.

9. Кашкаров А. А. Методика исследования влияния шероховатости переходных поверхностей зубьев, упрочненных поверхностным пластическим деформирование, на их изгибную выносливость / А. А. Кашкаров, В. А. Мамонтов // Пробл. динамики и прочности исполнительных механизмов и машин: Материалы научн. конф., Астрахань, 1 – 5 окт., 2002. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2002. — С. 278–280.

10. Демидов П. Н. Оптимальный выбор материала и способа поверхностного упрочнения высоконагруженных зубчатых колес с целью повышения сопротивления заеданию / П. Н. Демидов, М. Ю. Семенов, В. А. Нелюб // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2012. — № 4 (36). — С. 22–27.

11. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник / М. Н. Степнов. — М.: Машиностроение, 1985. — 232 с.

12. *Fabre A*. Microgeometrical influences on micropitting fatigue damage: multi-scale analysis / A. Fabre, L. Barrallier, M. Desvignes, H. P. Evans, M. P. Alanou // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. — 2011. — Vol. 225. — № 6. — Pp. 419–427. DOI: 10.1177/1350650110396980.

13. ГОСТ 21354-87-1989. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность. — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 76 с.



REFERENCES

1. Kornilovich, S.A. "Increasing contact hardiness of toothed wheel surface during manufacturing and repairing." *Omsk Scientific Bulletin* 2(110) (2012): 75–76.

2. Rudenko, S.P., and A.L. Val'ko. "Features of analysis of gear wheels of transmissions on deep back-to-back endurance." *Bulletin of mechanical engineering* 11 (2015): 5–11.

3. Katsuyuki, Matsui, Eto Hirohito, Kawasaki Kazuhiro, et al. "Povyshenie ustalostnoi prochnosti shesteren posredstvom konturnogo induktsionnogo vozdeistviya i ispol'zovaniya drobestruinoi obrabotki." *Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. A* 637 (1995-65): 92–97.

4. Chernyavskii, I.S., and A.V. Ustinenko. "Analiz kontaktnoi i izgibnoi vynoslivosti zubchatykh koles transmissii traktora T-150K." *Vestnik Nats. tekhn. un-ta "KhPI"* 40(1013) (2013): 186–190.

5. Salamekh, A. Obosnovanie norm sherokhovatosti perekhodnykh poverkhnostei zub'ev, uprochnyaemykh poverkhnostnoi zakalkoi tokami vysokoi chastoty, pri remonte sudovykh tyazhelonagruzhennykh zubchatykh peredach. PhD dis. Astrakhan', 2005.

6. Ruban, Anatoliy Rashidovich. "Restricted endurance of cemented teeth of wheels of ship reducers." *Vest*nik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies 1 (2011): 56–62.

7. Shehovtseva, E.V., and T.V. Shehovtseva. "Strengthening of surface layer of gears working surfaces with use of thermochemical processing." *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya* 13.8(152) (2017): 374–378.

8. Shkol'nik, L.M. Metodika ustalostnykh ispytanii: Spravochnik. M.: Metallurgiya, 1978.

9. Kashkarov, A.A., and V.A. Mamontov. "Metodika issledovaniya vliyaniya sherokhovatosti perekhodnykh poverkhnostei zub'ev, uprochnennykh poverkhnostnym plasticheskim deformirovanie, na ikh izgibnuyu vynoslivost'." *Probl. dinamiki i prochnosti ispolnitel'nykh mekhanizmov i mashin: Materialy nauchn. Konf.* Astrakhan': Izd-vo AGTU, 2002: 278–280.

10. Demidov, P.N., M.Yu. Semenov, and V.A. Nelyub. "Optimal choice of material and surface hardening method of gear wheels for galling resistance increasing." *Bulletin of Bryansk State Technical University* 4(36) (2012): 22–27.

11. Stepnov, M.N. Statisticheskie metody obrabotki rezul'tatov mekhanicheskikh ispytanii: Spravochnik. M.: Mashinostroenie, 1985.

12. Fabre, Agnes, L. Barrallier, M. Desvignes, H.P. Evans, and M.P. Alanou. "Microgeometrical influences on micropitting fatigue damage: multi-scale analysis." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology* 225.6 (2011): 419–427. DOI: 10.1177/1350650110396980.

13. Russian Federation. State Standard GOST 21354-87-1989. Peredachi zubchatye tsilindricheskie evol'ventnye vneshnego zatsepleniya. Raschet na prochnost'. M.: Izd-vo standartov, 1989.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ	INFORMATION ABOUT THE AUTHOR
Саламех Али —	Salamex, Ali —
доцент	Associate professor
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный	Astrakhan State Technical University
технический университет»	16, Tatisheva Str., Astrakhan, 414025,
414025, Российская Федерация, Астрахань,	Russian Federation
ул. Татищева, 16	e-mail: a.salameh@mail.ru
e-mail: a.salameh@mail.ru	

Статья поступила в редакцию 20 февраля 2018 г. Received: February 20, 2018.