

УДК 621.833:001.4

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-51-61

В. Е. Старжинский, доктор технических наук, профессор
Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого
Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь

В. И. Гольдфарб, доктор технических наук, профессор
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

С. В. Шилько, кандидат технических наук, доцент
Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого
Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь

Е. В. Шалобаев, кандидат технических наук, профессор
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики

Е. И. Тескер, доктор технических наук, профессор
Волгоградский технический университет

РАЗВИТИЕ ТЕРМИНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ И ТРАНСМИССИЙ. ЧАСТЬ 3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОНЯТИЙ ПО ВИДАМ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Изложены результаты анализа нормативных источников по видам повреждений зубчатых колес и разработки Межгосударственного стандарта [6] по их классификации и описанию. В оборот включены разнообразные информационные источники – Международный ISO и национальные (AGMA, DIN) стандарты; нормативный документ немецкого концерна «Zahnradfabric Friedrichshafer AG» с определениями терминов, их характеристик и причин, вызывающих повреждения; атлас «Анализ видов повреждений» американской фирмы «Geartech»; методические указания по расчетам и испытаниям на прочность к классификации видов изломов металлов, а также результаты собственных исследований. Описаны принципы, положенные в основу классификации, – отнесение того или иного повреждения к определенному классу, общему виду, виду и степени повреждения. В общей сложности повреждения классифицируются по 76 наименованиям классов, видов и степеней повреждения. Подробно описаны количественные показатели усталостного выкрашивания рабочих поверхностей зубьев – степень выкрашивания по поверхности и глубине; степень искажения профиля и распространения выкрашивания; стадии его развития; параметры и характеристики, а также расчетные формулы для их определения. В заключение подводятся итоги деятельности по идентификации и классификации понятий в области зубчатых зацеплений и передач.

Ключевые слова: зубчатая передача, зубчатое колесо, терминология, классификация видов повреждений, классы повреждений, общий вид повреждения, вид повреждения, степень повреждения, количественные показатели поверхностного усталостного выкрашивания.

Данная статья является продолжением общего материала (см. публикации в журнале «Интеллектуальные системы в производстве», 2017, т. 15, № 1, 2) по развитию терминологии в области зубчатых передач. Необходимо отметить, что существенным пробелом в русскоязычной нормативно-

технической документации было отсутствие до 2009 г. нормативного документа, упорядочивающего терминологию по видам повреждений зубчатых колес.

Инициативу в решении этой проблемы взяла на себя группа исследователей из Беларуси (канд. техн. наук Ю. Л. Солитерман,

проф. В. Е. Старжинский, канд. техн. наук С. А. Осипенко, канд. техн. наук А. М. Гоман). Позже к проекту присоединился проф. Е. И. Тескер (Волгоградский государственный технический университет). Инициатива была поддержана Российской ассоциацией инженеров механических трансмиссий и приводов. Проект был включен в план Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь (Госстандарт РБ) с присвоением статуса «Межгосударственный» (стандарт, действующий на территории стран СНГ).

Идентификация терминов по видам повреждений проводилась первоначально

с привлечением нормативных источников ISO 10825:1995 [1], ANSI/AGMA 110-E95 [2], DIN 3979 [3] и «Атласа повреждений зубчатых колес» (Gear Failure Atlas) [4], разработанного известным в этой области исследователем Р. Эрричелло (R. Errichello). В последующем в оборот был включен нормативный документ ZFN 201:1990 [5]. В общей сложности было проанализировано более 200 видов повреждений (табл. 1).

Наиболее информативным по количеству эталонных изображений, анализу причин повреждений и рекомендаций по их устранению был источник [4], содержание и объемом которого приведены в табл. 2.

Таблица 1. Количественные данные по видам повреждений зубчатых колес и изображений стандартных образцов повреждений по различным информационным источникам

Наименование	Язык	Количество терминов из информационных источников					
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Количество терминов по видам повреждений	Английский	63	61	31	37	43	76
	Французский	63	–	–	–	43	76
	Немецкий	–	–	57	–	43	76
	Итальянский	–	–	–	–	43	–
	Португальский	–	–	–	–	43	–
	Испанский	–	–	–	–	43	–
	Русский	–	–	–	–	–	76
Изображения стандартных образцов повреждений		54	56	62	37	53	104
Количество ссылок		–	–	25	30	10	8

Таблица 2. Содержание семинара «Geartech» по анализу видов повреждений зубчатых колес [4]

Номер раздела	Наименование раздела	Количество страниц (фотографий)
1	План, вводная и заключительная лекции	13
2	Копии слайдов по анализу видов повреждений	121 (71)
3	Анализ видов повреждений. Справочник по видам повреждений	37
4	Атлас видов повреждений	19 (36)
5	Количество ссылок	30

Анализ видов повреждений и его результаты

Результаты анализа [6] показали, что классификация повреждений по классам, характеру, видам и степени повреждений,

приведенная в указанных источниках, существенно различается – повреждения одного характера и вида находятся в разных классах, в отдельных случаях одному и тому же виду повреждений соответст-

вуют разные термины. При окончательном решении, к какому классу отнести тот или иной вид разрушения, авторы руководствовались характером повреждений и результатами собственных исследований. К каждому англоязычному термину по соответствующим словарям, справочникам, техническим и нормативным источникам и в соответствии с терминологией, сложившейся в отечественной теории и практике зубчатых передач, подбирался соответствующий русскоязычный термин; франкоязычные эквиваленты принимались по [1], немецкоязычные – по источникам [3] и [5]. Англоязычные термины считались идентичными при одинаковом характере повреждения элементов зубчатого колеса, определяемого по эталонной фотографии вида повреждений или при совпадении терминов по трем англоязычным источникам.

О подготовке стандарта докладывалось на международной конференции «Проблемы качества и долговечности зубчатых передач, редукторов, их деталей и узлов» [7] и сообщалось в статьях [8, 9]. Официальное издание стандарта [6] состоялось в 2009 году.

Стандарт содержит раздел с перечнем употребляемых в нем терминов по надежности, взаимозаменяемости, коррозии металлов, трению, изнашиванию и смазке, расчетам зубчатых передач на прочность и заедание, классификации видов изломов металлов. Приведена сводная таблица классификации повреждений зубчатых колес по классам, общим видам, подвидам и степени

повреждения (табл. 3). В общей сложности дается описание 76 видов повреждений, приведено 104 фотографии-эталона повреждений, указаны возможные причины их появления и рекомендации по предотвращению.

В стандарте [6] приведены также количественные показатели состояния рабочих поверхностей зубьев, подверженных выкрашиванию.

Количественные показатели поверхностного усталостного выкрашивания

Количественными показателями состояния активных поверхностей зубьев, подверженных выкрашиванию, являются:

– степень выкрашивания G_s – отношение суммарной площади ямок выкрашивания, расположенных в пределах рассматриваемого участка активной поверхности зуба, к его номинальной площади;

– степень выкрашивания по глубине G_h – отношение максимальной глубины ямки выкрашивания к ширине площадки контакта, определяемой при максимальном контактном напряжении;

– степень искажения профиля G_f – отношение наибольшей погрешности профиля по эвольвенте, найденной при измерении циклической погрешности $f_{z\text{зор}}$ к номинальной длине эвольвенты активной поверхности;

– степень распространения выкрашивания S – отношение максимальной длины повреждения к номинальной длине участка (для оценки развития выкрашивания по высоте профиля – G_H и вдоль линии зуба – G_b).

Таблица 3. Классификация видов повреждений [6]

Класс повреждения (Class of damage)	Общий вид повреждения (Common mode of damage)	Вид повреждения (Specific mode of damage)	Степень повреждения (Degree of damage)
1	2	3	4
Изнашивание (<i>Wear</i>)	Механическое (<i>Mechanical</i>)	Адгезионное (<i>Adhesion</i>)	Начальное локальное (<i>Mild adhesion</i>)
			Умеренное (<i>Moderate adhesion</i>)
			Предельное (<i>Excessive wear</i>)
		Абразивное (<i>Abrasion</i>)	Начальное (<i>Mild abrasion</i>)
			Умеренное (<i>Moderate abrasion</i>)
			Предельное (<i>Excessive wear</i>)
		Изнашивание при взаимном внедрении зубьев (<i>Interference</i>)	–
		Полирование (<i>Polishing</i>)	Начальное (<i>Mild polishing</i>)
			Умеренное (<i>Moderate polishing</i>)
			Интенсивное (<i>Severe polishing</i>)
	Усталостное (<i>Fatigue</i>)	Начальное локальное (<i>Mild adhesion</i>)	
		Умеренное (<i>Moderate adhesion</i>)	
		Предельное (<i>Excessive wear</i>)	
		При фреттинге (<i>Fretting wear</i>)	
	В период пуска под нагрузкой (<i>Wear under load starting</i>)	–	
Коррозионно-механическое (<i>Corrosion</i>)	Химическое (окислительное) (<i>Chemical (Extensive) corrosion</i>)	Чешуйчатость (<i>Scaling</i>)	
	При фреттинг-коррозии (<i>Fretting corrosion</i>)	Окисление при перегреве (<i>Overheating</i>)	
	–		
Изнашивание (<i>Wear</i>)	Эрозионное (<i>Erosion</i>)	Кавитационное (<i>Cavitation</i>)	
		Гидроэрозионное (<i>Erosion of high-speed gear</i>)	
		Газоэрозионное (<i>Gas erosion</i>)	
		Гидроабразивное (<i>Hydroabrasive</i>)	
		Газоабразивное (<i>Gasoabrasive</i>)	

		Радиационно-эрозионное (<i>Radiation</i>)	
		Электроэрозионное (<i>Electric current damage</i>)	
Заедание (<i>Amerik; Scuffing</i>)	–	–	Начальное (локализованное) (<i>Mild scuffing</i>)
			Умеренное (<i>Light scuffing</i>)
			Катастрофическое (<i>Severe cuffing</i>)
Остаточная деформация (<i>Overload; Permanent deformation</i>)	Внедрение (<i>Indentation</i>) Пластическая деформация (<i>Plastic deformation</i>)	–	–
		При холодной текучести материала (<i>Cold flow</i>)	
		При горячей текучести материала (<i>Hot flow; Peening</i>)	
		При качении (<i>Plastic deformation by rolling</i>)	
		При ударе зубьев (<i>Plastic deformation by tooth hammer</i>)	
		Рябь (<i>Rippling</i>)	
		Образование гребней и вмятин (<i>Ridging</i>)	
		Образование заусенцев (<i>Burrs</i>)	
		Пластическая деформация у основания зуба (<i>Root fillet yielding</i>)	
		Интерференция (<i>Tip-to-root interference</i>)	
Контактная усталость (<i>Contact fatigue</i>)	Поверхностное усталостное выкрашивание (<i>Pitting; Macropitting</i>)	Макровыкрашивание (<i>Macropitting</i>)	–
		Микровыкрашивание (<i>Micropitting</i>)	
		Шелушение (<i>Flake; Flake macropitting</i>)	
		Отслаивание (<i>Spall; Spall macropitting</i>)	
	Глубинное усталостное выкрашивание (<i>Case crushing; Subcase fatigue</i>)	–	–
Возникновение и развитие трещин (<i>Cracking; Fissures and cracks</i>)	Трещины от термообработки (закалочные трещины) (<i>Hardening cracks</i>)	–	–

Класс повреждения (Class of damage)	Общий вид повреждения (Common mode of damage)	Вид повреждения (Specific mode of damage)	Степень повреждения (Degree of damage)
	Шлифовочные трещины (Grinding burns)		
	Трещины обода и диска колеса (Rim and web cracks)		
	Трещины по границе упрочненного слоя (Case/core separation)		
	Усталостные трещины (Fatigue cracks)		
Разрушение зуба (Fracture; Tooth breakage)	Излом зуба при перегрузке (Overload breakage)	Хрупкий излом (Brittle fracture)	-
		Вязкий излом (Ductile fracture)	
		Полухрупкий (смешанный) излом (Mixed mode fracture)	
	Срез зуба (Tooth shear)	-	
	Излом зуба после пластической деформации (продолжительное разрушение) (Breakage after plastic deformation)	-	
	Усталостный излом зуба (Bending fatigue)	Малоцикловый усталостный излом (Low cycle fatigue)	
		Многоцикловый усталостный излом (High cycle fatigue)	Излом по трещине у основания зуба (Root fillet cracks)
			Излом по трещине на боковой поверхности зуба (Profile cracks)
	Излом по трещине у торца зуба (Tooth end breakage)		

Стадии развития выкрашивания:

- зарождение и развитие усталостных трещин ($0 < N_H < N_{HS0}$);
- начальное приработочное выкрашивание (коэффициент интенсивности выкрашивания $K_{S1} > 0$), в течение которого появляются первые отдельные очаги повреждения ($N_{HS0} < N_H < N_{HS1}$);
- интенсивное приработочное выкрашивание ($K_{S2} > K_{S1}$), в течение которого скорость изменения степени выкрашивания резко возрастает ($N_{HS1} < N_H < N_{HS2}$);
- установившееся прогрессирующее выкрашивание ($K_{S3} < K_{S2}$), в течение которого наблюдается устойчивый рост степени вы-

крашивания с небольшой динамикой развития разрушений ($N_{HS2} < N_H < N_{HS3}$);

- прогрессирующее выкрашивание ($N_H > N_{HS3}$), в течение которого происходит рост степени выкрашивания с большой динамикой развития разрушений ($K_{S4} > K_{S3}$).

Примечание. На отдельных участках активной поверхности может наблюдаться непрогрессирующее выкрашивание ($N_{hs2} < N_H < N_{hs3}$), при котором степень выкрашивания постоянна или уменьшается.

Параметры и характеристики состояния поверхностей зубьев приведены в табл. 4; характеристики повреждений и расчетные формулы для их определения – в табл. 5.

Таблица 4. Параметры и характеристики состояния поверхностей зубьев при эксплуатации

Обозначения	Наименование параметров
A_a	Номинальная площадь активной поверхности головки зуба, мм ²
A_f	Номинальная площадь активной поверхности ножки зуба, мм ²
A_{ph}	Номинальная площадь активной поверхности зуба, мм ²
b_n	Полуширина площадки контакта, мм
G_{Gb}	Постоянная наклонного участка кривой контактной усталости, полученной по степени выкрашивания наиболее нагруженного участка площадки контакта
G_G	Постоянная наклонного участка кривой контактной усталости, полученной по степени выкрашивания зуба
G_{Gb1}	Постоянная наклонного участка кривой контактной усталости, полученной при условной степени выкрашивания наиболее нагруженной площадки контакта $G_{sb} - 1$
G_H	Постоянная наклонного участка кривой контактной усталости материала
d_x	Диаметр характерных ямок выкрашивания, мм
D_N	Дисперсия числа циклов перемены напряжений
D_S	Дисперсия степени выкрашивания элементарных участков активной поверхности зуба

Таблица 5. Характеристики повреждения зубьев и расчетные формулы для их определения (рисунок)

Наименование характеристик	Расчетные формулы	Указания по применению
Степень повреждения площадки контакта зубьев (S_1, S_2 – площади выкрашивания площадки контакта шестерни и колеса соответственно, мм ² ; l – длина контактной линии, мм)	$G_{sb} = \frac{S_1 + S_2}{2b_H l}$	В качестве критерия работоспособности пары зубчатых колес
Степень повреждения участка активной поверхности зуба шестерни или колеса, ограниченного линиями зуба: $f_{11} - f_1$ на ножке (S_f – площадь выкрашивания участка активной поверхности ножки зуба)	$G_{sf11} = \frac{S_{f11}}{A_{f11}}$	Для оценки состояния активных поверхностей зубьев передачи при эксплуатации и лабораторных исследованиях косозубых и шевронных передач

Окончание табл. 5

Наименование характеристик	Расчетные формулы	Указания по применению
$f_1 - w$	$G_{s_{f_1}} = \frac{S_{f_1}}{A_{f_1}}$	То же для прямозубых передач
$f_{11} - w$	$G_{s_f} = \frac{S_f}{A_f}$	То же
Степень повреждения площадки контакта	$G_{sx} = \frac{d_x}{l} n_x$	В качестве критерия работоспособности пары зубчатых колес
Степень выкрашивания по глубине	$G_{sh} = \frac{h}{2b_{11\max}}$	В качестве критерия для выбраковки зубчатых колес, подвергнутых цементации или азотированию
Степень распространения повреждений: вдоль площадки контакта на ножке зуба шестерни или колеса на головке зуба шестерни или колеса	$G_l = \frac{l_s}{l}$ $G_{Hf} = \frac{H_{sf}}{H_f}$ $G_{Ha} = \frac{H_{sa}}{H_a}$	Для оценки влияния качества изготовления и сборки передач и выбраковки зубчатых колес при эксплуатации и лабораторных исследованиях. В расчетных формулах для определения допустимых значений характеристик степени повреждения и прогнозирования остаточного ресурса
Степень искажения профиля зуба шестерни или колеса	$G_F = \frac{\Delta f}{H_{ph}}$	Для выбраковки зубчатых колес при эксплуатации и лабораторных исследованиях
Коэффициент интенсивности (динамика) выкрашивания ($i = 1, 2, 3, 4$)	$K_{si} = \frac{G_{s(i+1)} - G_{si}}{N_{Hs(i+1)} - N_{Hsi}}$	В качестве сравнительной оценки динамики выкрашивания на разных стадиях развития выкрашивания
Допустимая степень выкрашивания наиболее поврежденной площадки контакта	$G_{spb} = 1 - K_{Lu} \frac{G_{Hp}}{G_{H\lim b}}$	В качестве критерия при выбраковке зубчатых колес трансмиссий
Предельная степень выкрашивания наиболее разрушенной площадки контакта	$G_{s\max} = 1 - K_{Lu} \frac{G_{Hp}}{G_{H\max}}$	В качестве критерия при выбраковке зубчатых колес трансмиссий

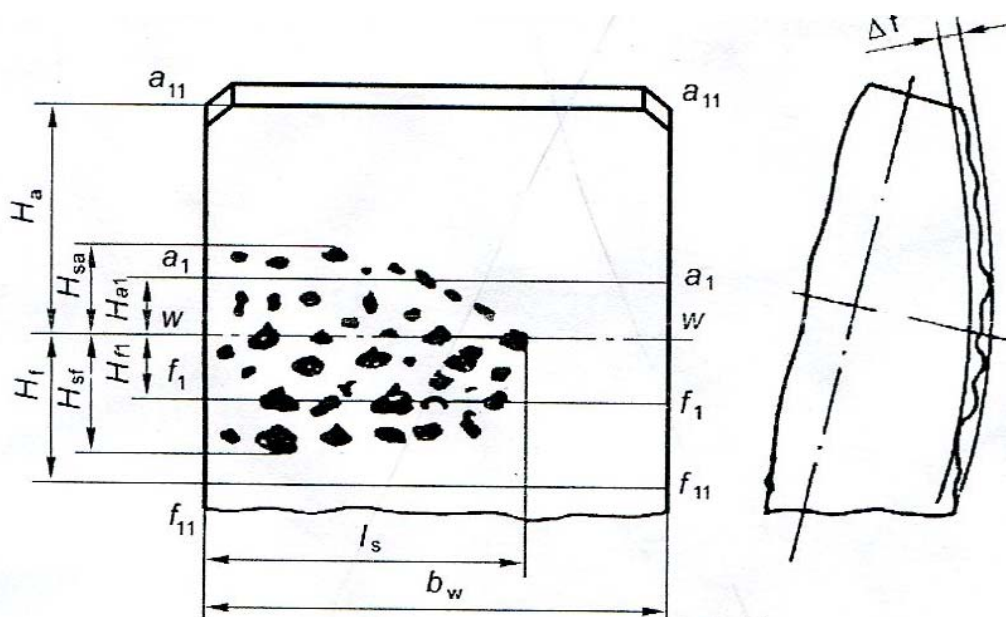


Схема поврежденного зуба

В табл. 5 указаны значения следующих величин:

l_s – длина поврежденной части площадки контакта, мм;

H_{sf} – длина поврежденного участка на ножке зуба, мм;

H_{sa} – длина поврежденного участка на головке зуба, мм;

H_f – номинальная длина эвольвенты на ножке зуба, мм;

H_a – номинальная длина эвольвенты на головке зуба, мм;

Δf – наибольшая погрешность профиля, определяемая при измерении циклической погрешности зубцовой частоты в передаче $f_{z\text{zor}}$ по ГОСТ 1643–81, мм;

H_{ph} – номинальная длина эвольвенты на участке активной поверхности зуба, мм;

N_{Hs0} , N_{Hs1} , N_{Hs2} , N_{Hs3} – число циклов перемены напряжений до начала: начального приработочного выкрашивания, интенсивного приработочного выкрашивания, установившегося прогрессирующего выкрашивания и прогрессирующего выкрашивания соответственно;

K_{s1} , K_{s2} , K_{s3} , K_{s4} – коэффициент интенсивности (динамики) выкрашивания при начальном приработочном, интенсивном приработочном, установившемся прогрессирующем и прогрессирующем выкрашивании соответственно;

K_{Lu} – коэффициент концентрации напряжений;

G_{Hp} – допускаемое контактное напряжение;

G_{Hlimb} – предел контактной выносливости, соответствующий базовое число циклов перемены напряжений.

В заключение данного материала не можем не упомянуть имя нашего коллеги Ю. Л. Солитермана, канд. техн. наук, научного сотрудника Объединенного института

машиностроения НАН Беларуси* (проработавшего в нем с 1974 по 2008 год), по инициативе которого была начата работа по классификации и описанию видов повреждений зубчатых колес, итогом которой стал Межгосударственный стандарт [6]. Авторы выражают также благодарность научному сотруднику этого же института, канд. техн. наук А. М. Гоману, принимавшему участие в разработке вышеупомянутого стандарта.

Заключение

Основные результаты деятельности в области терминологии зубчатых передач докладывались в 2015 году на научном семинаре [10], проведенном Санкт-Петербургским государственным политехническим университетом им. Петра Великого (сопредседатели оргкомитета: проф. А. Н. Евграфов и проф. О. В. Егорова) в рамках регулярных семинаров Постоянной комиссии ИТомМ по истории теории механизмов и машин (Permanent Commission for the History of Mechanism and Machine Science) и в 2016 г. опубликованы в научно-методическом журнале «Теория механизмов и машин» [11].

В первых двух статьях, опубликованных в журнале «Интеллектуальные системы в производстве», 2017, т. 15, № 1, 2, и в данной статье авторы попытались проанализировать в более широком контексте информационный материал в области терминологии зубчатых передач, наработанный научным сообществом за последние годы. В сравнении с недавней публикацией [11], содержание данной статьи существенно расширено привлечением ряда новых информационных источников; кратким описанием на

* Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси (с 2006 г.), с 1971 г. Институт проблем надежности и долговечности машин АН БССР, с 1991 г. Институт надежности машин АН БССР, с 2002 г. Институт механики и надежности машин НАН Беларуси.

русском языке концепции новой компьютерной программы Thesaurus editor – (эффективное средство интерактивного взаимодействия специалистов, созданное в целях облегчения работы со словарем и совершенствования терминологии), а также попыткой в сжатом виде обобщить данные о классификации зубчатых передач по разнообразным критериям и дать количественное описание процесса выкрашивания рабочих поверхностей зубьев.

Библиографические ссылки

1. ISO 10825:1995. Gears-Wear and Damage to Gear Teeth. – Terminology. – Engrenages - usure et défauts dentures – Terminologie.
2. ANSI/AGMA 1010-E 95. Appearance of Gear Teeth – Terminology of Wear and Failure.
3. DIN 3979: 1979. Zahnschäden an Zahnradgetriebe. Bezeichnungen, Merkmale, Ursachen.
4. Gear Failure Analysis. Edited by Robert Erichello. Geartech. Townsend. Montana. – 2000.
5. ZFN 201: 1990. Zahnradschaden Begriffsbestimmung. Bezeichnungen und Ursachen.
6. ГОСТ 31381–2009 Колеса зубчатые. Виды повреждений. Классификация и описание (введ. с 01.01.2010 г.). – Минск : БелГИСС ИУ ТНПА № 6-2009. – 72 с.
7. Анализ видов повреждений зубчатых колес и подготовка проекта стандарта по их классификации и описанию / В. Е. Старжинский, Ю. Л. Солитерман, А. М. Гоман, С. А. Осипенко, К. Б. Арнаудов // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2006. – № 22. – С. 70–77.
8. Виды повреждения зубчатых колес: типология и рекомендации по предупреждению повреждений / В. Е. Старжинский, Ю. Л. Солитерман, Е. И. Тескер, А. М. Гоман, С. А. Осипенко // Трение и износ. – 2008. – Т. 29, № 5. – С. 465–482.
9. Starzhinsky V. E., Soliterman Yu. L., Goman A. M., Ossipenko S. A. Forms of Damage to Gear Wheels: Typology and Recommendation on Prevention // Journal of Friction and Wear. – 2008. – Vol. 29, No. 5. – P. 340–353.
10. Starzhinsky V. E., Antonyuk V. E., Kane M. M., Shil'ko S. V. Contribution of Belarussian Scientists in the Problem of Gearing Terminology Identification // Proceedings of 2015 IFToMM Workshop on History of Mechanism and Machine Science. May 26–28, 2015, St-Petersburg, Russia.
11. Starzhinsky V. E., Antonyuk V. E., Kane M. M., Shil'ko S. V. Activities of Belarussian scientists in the development of gearing terminology // Теория механизмов и машин. Санкт-Петербург, Россия. ISSN 2079-021X. – 2016. – Т. 14, № 27. – С. 69–76 (<http://tmm.spbstu.ru>).

V. E. Starzhinsky, DSc in Engineering, Professor, V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

V. I. Goldfarb, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

S. V. Shilko, PhD in Engineering, Associated Professor, V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

E. V. Shalobaev, PhD in Engineering, Professor, Saint-Petersburg National University of Informative Technology, Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russia

E. I. Tesker, DSc in Engineering, Professor, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Development of Terminology in Gearing and Power Transmissions.

Part 3. Identification of Notions on Gear Failure Modes

Results of analysis of normative sources on gear failure modes and elaboration of Interstate Standard [6] on their classification and description are discoursed. Manifold informative sources are involved in turnover – International

ISO and national (AGMA, DIN) standards; normative document of the German Group company “Zahnfabrik Friedrichshafen A.G.” with term definitions, their characteristics and causes, accessing failures; atlas “Analysis of gear failures” of USA firm “Geartech”; methodical instructions on the computations and testing on strength and classification of metal breaking modes, as well as results of own or authors investigations. The principles, assumed in the base of classification – attribution of one or another failure to the definite class, common mode, specific mode and degree of failure – are described. All together failures are classified on 76 designations of classes, modes and degrees ones. Quantity parameters of fatigue pitting of the gear tooth working surfaces and in depth; the degree of tooth profile distortion and pitting dissemination; stages of their developing; parameters and characteristics, as well as calculating formulae for their determination are considered in details. In conclusion, results of activity on identification and classification of notions in the field of gearing and gear transmissions are summarized.

Keywords: gear drive, terminology, classification of gear failure modes, classes of damage, common modes of damage, specific modes of damage, degree of damage, quantity factors of tooth flank pitting.

Получено: 24.03.2017