

tion are considered. Square plate OSB was considered with two versions of the boundary conditions. For each option two types of external load were considered: concentrated force applied at the center of the plate and the load uniformly distributed over the entire surface. Bending and tension in some characteristic points had to be determined. Numerical implementation of the algorithm for calculating is held in package SKILAB. The proposed approach provides a solution to the problem of bending of rectangular orthotropic plate with any character of external loads and fixing conditions of plate edges.

Keywords: boundary element method, the fundamental function, the Green's function, orthotropic plate, SKILAB, ANSYS.

Рецензент д-р техн. наук., проф. Одес. нац. политехн. ун-та Сидоренко І.І.

Поступила в редакцію 4 марта 2014 г.

УДК 621.81:621.88.07

В.М. Кобслев, канд. техн. наук, доц., Одес. нац. акад. харч. технологій

ВПЛИВ ПОХИБОК РОЗМІРІВ ТА ФОРМИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ НА ХАРАКТЕР ЇХ З'ЄДНАННЯ

Вступ. Вирішення питань точності та характеру з'єднань є невід'ємною складовою проектування машин. Обґрунтований вибір потрібних допусків та посадок особливо важливий в умовах серійного та масового виробництва, де питання точності пов'язані з дією ймовірнісних законів розподілу похибок виготовлення деталей. Визначення характеру з'єднання у стандартних перехідних посадках — наявності зазору чи натягу, що суттєво залежить від випадкових і систематичних похибок розмірів та форми поверхонь деталей, є актуальною і важливою науково-практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розроблені залежності для розрахунку допусків та рекомендації до складання розрахункових схем і розмірного аналізу конструкцій [1]. Окремого розглядання питань, пов'язаних з перехідними посадками, ця робота не ставить. Відома методика розрахунку ймовірності зазорів та натягів для перехідних посадок в залежності від розмірів деталей оснований на таких припущеннях [2]:

- розподіл розмірів підлягає нормальному закону;
- центри групування деталей співпадають з серединами полів допусків, що свідчить про відсутність систематичних похибок;
- середньоквадратичні відхилення розмірів отвору σ_D і вала σ_d складають 1/6 відповідних допусків T_D та T_d ;
- розкид розмірів отвору та вала не залежить один від одного і тому середньоквадратичне відхилення посадки σ_{SN} визначається як

$$\sigma_{SN} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2},$$

де σ_D — розмір отвору;

σ_d — розмір валу;

T_D — допуск розміру для отвору;

T_d — допуск розміру для валу.

DOI: 10.15276/opus.1.43.2014.05

© В.М. Кобслев, 2014

В межах цих припущень приймається, що середньому значенню зазору S_m або натягу N_m відповідає положення $z=0$ інтеграла Лапласа $\Phi(z)$, а зміна знаку S на N визначає границю інтегрування, що дозволяє знаходити відсоток відповідних з'єднань.

Метою дослідження є розширення меж застосування методики розрахунку ймовірності зазорів та натягів для врахування крім похибок розмірів також похибок форми поверхонь деталей та наявності систематичних похибок розмірів. Важливою вбачається оцінка впливу цих похибок на характер з'єднання (наявність зазору чи натягу) шляхом відповідних розрахунків для ряду стандартних перехідних посадок: точних посадок, чутливих до зміни характеру з'єднання.

Викладення основного матеріалу. Встановлені стандартом три рівні відносної геометричної точності характеризуються для циліндричних поверхонь такими співвідношеннями між допуском форми TF та розміру T [3]:

- нормальна точність $A = TF/T = 30 \%$;
- підвищена точність $B = TF/T = 20 \%$;
- висока точність $C = TF/T = 12 \%$.

З припущення, що вказаним співвідношенням відповідають всі деталі, які утворюють з'єднання, витікає, що реальні допуски розмірів, наприклад, для рівня A , складають $T_{Dr} = 0,7T_D$ для отвору та $T_{dr} = 0,7T_d$ для вала. Середньоквадратичне відхилення посадки σ_{SN}^F , яке враховує похибки форми, при цьому

$$\sigma_{SN}^F = \frac{1}{6} \sqrt{T_{Dr}^2 + T_{dr}^2} = 0,7\sigma_{SN},$$

де T_{Dr} — реальний допуск розміру для отвору;

T_{dr} — реальний допуск розміру для вала;

σ_{SN} — середньоквадратичне відхилення посадки.

Відсутність систематичних похибок у посадок з середніми зазорами S_m означає, що наявність симетрично розташованих похибок форми поверхонь не змінює значень цих зазорів. Подібно до цього не змінюється значення середніх натягів N_m у відповідних посадок. Використовуючи таблиці інтеграла Лапласа $\Phi(z)$, можна знайти для перехідних посадок ймовірність та відсоток з'єднань з зазором у варіантах:

— без урахування похибок форми

$$\Pi(S) = \Phi_S \frac{S_m}{\sigma_{SN}} + 0,5,$$

де $\Pi(S)$ — відсоток з'єднань з зазором без урахування похибок форми;

$\Phi_S(\bullet)$ — інтеграл Лапласа;

S_m — значення середніх зазорів;

σ_{SN} — середньоквадратичне відхилення посадки без урахування похибок форми

— та з їх урахуванням

$$\Pi(S)^F = \Phi_S^F \frac{S_m}{\sigma_{SN}^F} + 0,5,$$

де $\Pi(S)^F$ — відсоток з'єднань з зазором з урахуванням похибок форми;

$\Phi_S^F(\bullet)$ — інтеграл Лапласа;

S_m — значення середніх зазорів;

σ_{SN}^F — середньоквадратичне відхилення посадки з урахуванням похибок форми

Подібним чином знаходять відсоток з'єднань з натягом:

— без урахування похибок форми

$$\Pi(N) = \Phi_N \frac{N_m}{\sigma_{SN}} + 0,5,$$

де $\Pi(N)$ — відсоток з'єднань з зазором без урахування похибок форми;

$\Phi_N(\bullet)$ — інтеграл Лапласа;
 N_m — значення середніх натягів;
 σ_{SN} — середньоквадратичне відхилення посадки без урахування похибок форми.
 — та з їх урахуванням

$$\Pi(N)^F = \Phi_N^F \frac{N_m}{\sigma_{SN}^F} + 0,5,$$

де $\Pi(N)^F$ — відсоток з'єднань з зазором з урахуванням похибок форми;

$\Phi_N^F(\bullet)$ — інтеграл Лапласа;
 N_m — значення середніх натягів;
 σ_{SN}^F — середньоквадратичне відхилення посадки з урахуванням похибок форми.

Підраховані та зіставлені значення ймовірнісних характеристик (табл. 1) для дванадцяти стандартних посадок (ДСТУ 2500-94. ОНВ. Єдина система допусків і посадок) у системі отвору типів H/js , H/k , H/m , H/n з співвідношенням квалітетів $IT6/IT5$, $IT7/IT6$, $IT8/IT7$ та для трьох інтервалів розмірів: I — малих (0...3 мм), II — середніх (50...80 мм), III — великих (400...500 мм).

Таблиця 1

Ймовірнісні характеристики посадок

Інтервали розмірів	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Позначення посадки	$H6/js5$			$H7/js6$			$H8/js7$		
S_m , мкм	3	9,5	20	5	15	31,5	7	23	48,5
$\Pi(S)$, %	99,38	99,33	99,34	99,50	99,43	99,43	99,40	99,41	99,40
$\Pi(S)^F$, %	99,99	99,99	99,99	99,99	99,98	99,98	99,98	99,98	99,97
Позначення посадки	$H6/k5$			$H7/k6$			$H8/k7$		
S_m , мкм	1	1	1,5	2	3,5	6,5	2	6	12
$\Pi(S)$, %	79,67	60,26	57,53	84,85	72,24	69,85	75,8	74,5	73,2
$\Pi(S)^F$, %	88,30	64,55	61,04	92,92	80,1	77,2	84,0	82,5	81,32
Позначення посадки	$H6/m5$			$H7/m6$			$H8/m7$		
N_m , мкм	1	8	16,5	0	5,5	11,5	0	3	6
$\Pi(N)$, %	72,67	98,12	97,98	50	81,6	82,12	50	62,9	62,2
$\Pi(N)^F$, %	88,3	99,86	99,83	50	90,8	90,66	50	68	67,2
Позначення посадки	$H6/n5$			$H7/n6$			$H8/n7$		
N_m , мкм	3	17	33,5	2	14,5	28,5	2	12	23
$\Pi(N)$, %	100	100	100	84,85	99,3	98,9	75,8	90,32	88,3
$\Pi(N)^F$, %	100	100	100	92,92	99,97	99,94	84,0	96,94	95,56

Подібні дані можна одержати для інших рівнів точності заміною коефіцієнта 0,7 у формулі σ_{SN}^F на 0,8 та 0,88 для рівнів B та C , відповідно.

З розрахунків стандартних посадок видно, що при врахуванні похибок форми проявляється підвищення ймовірності зазорів у посадках з S_m та ймовірності натягів у посадках з N_m до 10 %. При цьому ймовірність може досягати майже 100-відсоткових значень.

Систематичні похибки на відміну від випадкових мають постійну або закономірно змінну величину при виготовленні партії деталей. Дійсні розміри деталей можуть при цьому укладатися в межах допусків отворів T_D або валів T_d , однак їх середні статистичні значення: \bar{X} — отворів та \bar{x} — валів порушують симетрію розподілу відносно середин полів допусків і не співпадають з відповідними теоретичними середніми розмірами D_m та d_m . Різниці $(\bar{X} - D_m)$ та $(\bar{x} - d_m)$ є мірами систематичних похибок у абсолютному вираженні. А відносними мірами є коефіцієнти асиметрії розсіву розмірів для отворів α_D та валів α_d :

$$\alpha_D = \pm(\bar{X} - D_m)/T_D,$$

$$\alpha_d = \pm(\bar{x} - d_m)/T_d,$$

де \bar{X} та \bar{x} — середні статистичні значення розмірів отворів та валів, відповідно;
 D_m та d_m — теоретичні середні розміри отворів та валів, відповідно;
 T_D та T_d — допуски отворів та валів, відповідно.

Наявність незалежного від розміру і квалітету середнього зазору чи натягу зручно оцінювати коефіцієнтами відносного середнього зазору KS_m та натягу KN_m

$$KS_m = 2S_m/TSN,$$

$$KN_m = 2N_m/TSN,$$

де S_m — значення середніх зазорів;
 N_m — значення середніх натягів;
 TSN — допуск посадки ($TSN = T_D + T_d$).

Сума коефіцієнтів для однієї посадки дорівнює нулю, тому зміна їх знаку свідчить про наявність зазору замість натягу або навпаки.

Для восьми стандартних посадок: $H7/js6$, $H8/js7$, $H7/k6$, $H8/k7$, $H7/m6$, $H8/m7$, $H7/n6$, $H8/n7$ та для трьох інтервалів розмірів: I — малих розмірів (3...6 мм), II — середніх розмірів (30...50 мм) та III — великих розмірів (400...500 мм) підраховані значення коефіцієнтів відносного середнього зазору KS_m та натягу KN_m . Розрахунки проведено для п'яти значень коефіцієнтів асиметрії розсіву розмірів для отворів α_D та валів α_d : $\alpha_D, \alpha_d \in \{0; 0,1; 0,2; 0,25; 0,3\}$ у двох варіантах обчислень: з використанням операцій додавання та віднімання. Вибір операції характеризує варіант розташування значень \bar{X} та \bar{x} відносно D_m та d_m , відповідно. Згідно з цим найбільші/найменші середні статистичні значення відповідно $\bar{X}_{mx/mn}$ для отворів та $\bar{x}_{mx/mn}$ для валів мають вид

$$\bar{X}_{mx/mn} = D_m \pm \alpha_D T_D,$$

$$\bar{x}_{mx/mn} = d_m \pm \alpha_d T_d,$$

де D_m та d_m — теоретичні середні розміри отворів та валів, відповідно;
 T_D та T_d — допуски отворів та валів, відповідно;
 α_D та α_d — коефіцієнти асиметрії розсіву розмірів для отворів та валів, відповідно.

З цих значень знаходимо найбільші та найменші зазори та натяги (зміна знака свідчить, що найменший зазор — це найбільший натяг, а найменший натяг — найбільший зазор):

$$S_{mx} = -N_{mn} = \bar{X}_{mx} - \bar{x}_{mn},$$

$$N_{mx} = -S_{mn} = \bar{x}_{mx} - \bar{X}_{mn},$$

де S_{mx} , S_{mn} — найбільший та найменший зазори, відповідно;
 N_{mx} , N_{mn} — найбільший та найменший натяги, відповідно;
 \bar{X}_{mx} , \bar{X}_{mn} — найбільші та найменші середні статистичні значення для отворів, відповідно;
 \bar{x}_{mx} , \bar{x}_{mn} — найбільші та найменші середні значення для валів, відповідно.

Відповідні найбільші/найменші значення коефіцієнтів для відносного зазору KS_{mx} / KS_{mn} та відносного натягу KN_{mx} / KN_{mn} визначаються як

$$KS_{mx} / KS_{mn} = \frac{2(S_{mx} / S_{mn})}{TSN},$$

$$KN_{mx} / KN_{mn} = \frac{2(N_{mx} / N_{mn})}{TSN},$$

де S_{mx} , S_{mn} — найбільший та найменший зазори, відповідно;
 N_{mx} , N_{mn} — найбільший та найменший натяги, відповідно;
 TSN — допуск посадки.

При цьому розглянуті такі варіанти наявності похибок:

- ОВ — систематичні похибки отвору і вала ($\alpha_D = \alpha_d \neq 0$);
- О — систематичні похибки тільки отвору ($\alpha_D \neq 0$; $\alpha_d = 0$);
- В — систематичні похибки тільки вала ($\alpha_D = 0$; $\alpha_d \neq 0$).

Окремо підраховано варіант відсутності систематичних похибок обох деталей ($\alpha_D = \alpha_d = 0$). Приклад результатів розрахунків для двох посадок з розмірами у трьох інтервалах наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів KS_{mx}/KS_{mn} для двох посадок різної точності

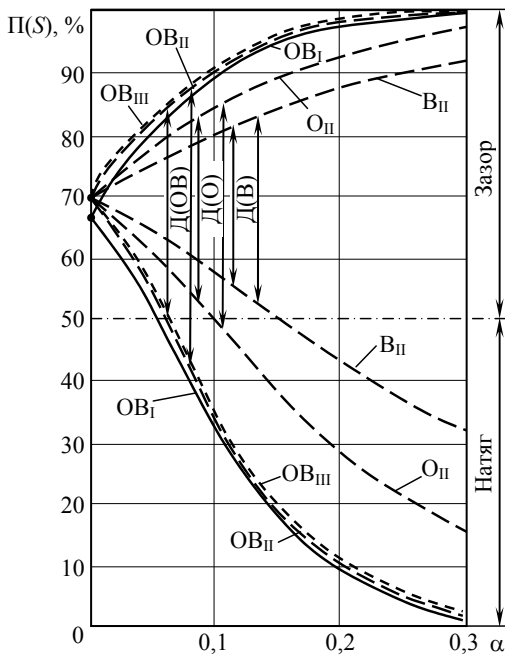
Інтервали розмірів	α	H7/k6			H8/k7		
		ОВ	О	В	ОВ	О	В
I	0	0,1/0,1			0,13/0,13		
	0,1	0,32/-0,08	0,24/0	0,20/0,04	0,33/-0,07	0,25/0,01	0,21/0,05
	0,2	0,52/-0,28	0,37/-0,12	0,28/-0,03	0,53/-0,27	0,37/-0,11	0,29/-0,03
	0,25	0,62/-0,38	0,43/-0,18	0,32/-0,07	0,63/-0,37	0,43/-0,17	0,33/-0,07
	0,3	0,72/-0,48	0,49/-0,24	0,36/-0,11	0,73/-0,47	0,49/-0,23	0,37/-0,11
II	0	0,12/0,12			0,16/0,16		
	0,1	0,3/-0,1	0,22/-0,02	0,18/0,02	0,36/-0,04	0,28/0,03	0,23/0,08
	0,2	0,5/-0,3	0,34/-0,14	0,26/-0,06	0,56/-0,24	0,40/-0,09	0,31/0
	0,25	0,6/-0,4	0,40/-0,20	0,30/-0,10	0,66/-0,34	0,46/-0,15	0,35/-0,04
	0,3	0,7/-0,5	0,46/-0,26	0,34/-0,14	0,76/-0,44	0,52/-0,21	0,38/-0,08
III	0	0,126/0,126			0,15/0,15		
	0,1	0,33/-0,07	0,25/0,002	0,20/0,05	0,35/-0,05	0,27/0,03	0,23/0,07
	0,2	0,53/-0,27	0,37/-0,12	0,28/-0,03	0,55/-0,25	0,39/-0,09	0,31/-0,01
	0,25	0,63/-0,37	0,43/-0,18	0,32/-0,07	0,65/-0,35	0,45/-0,15	0,35/-0,05
	0,3	0,73/-0,47	0,49/-0,24	0,36/-0,11	0,75/-0,45	0,51/-0,21	0,39/-0,09

Важливу ймовірнісну характеристику перехідних посадок — відсоток з'єднань з зазором $\Pi(S)$ та натягом $\Pi(N)$ знайдено за описаною методикою з припущенням, що форма кривої розподілу ймовірностей посадки, яка виникає як композиція двох кривих зі зміщеннями центрів групування деталей на $\alpha_D T_D$ та $\alpha_d T_d$, мало відрізняється від форми закону Гауса [1]. Розрахунки проведено для всіх зазначених восьми варіантів посадок та трьох характерних інтервалів діаметрів, позначених цифрами I, II та III, які охоплюють стандартні розміри від 0 до 500 мм. Підраховані ймовірності появи зазорів та натягів при зміні коефіцієнтів асиметрії розсіву розмірів α та трьох випадів систематичних похибок: обох деталей (ОВ), тільки отвору (О) та тільки вала (В).

На рисунку показані усереднені криві для посадки H7/k6, які ілюструють характер зміни ймовірностей для середнього інтервалу розмірів II у випадках двох знаків: додатнім зміщенням центрів групування деталей відповідають верхні криві графіка, а від'ємним — нижні.

Розмірні лінії характеризують діапазони зміни значень ймовірностей Д(ОВ), Д(О), Д(В), які відповідають цим знакам. Видно, що ширина діапазону залежить від наявності варіанту похибок конкретної пари деталей і змінюється від 0 до майже 100 %, охоплюючи перехід від зазорів до натягів. На рисунку наведені також криві зміни ймовірностей для тієї самої посадки у інтервалах малих (I) та великих (III) розмірів. Ці графіки показані лише у варіанті систематичних похибок обох деталей (ОВ), щоб підкреслити саме характер змін, викликаних зміною розмірів. Зіставлення впливу розмірів для розглянутих посадок не виявляє певної закономірності від їх зміни: видно лише, що вплив цієї зміни оцінюється величиною, близькою до 5 %.

Результати. З наведених таблиці та рисунку видно, що систематичні похибки суттєво змінюють характер з'єднань перехідних посадок, особливо типів H/k та H/m, у яких спостерігається перехід від середнього зазору до натягу (H/k) або навпаки (H/m). Видно також, що зміна коефіцієнта асиметрії α лінійно змінює значення зазорів/натягів але нелінійно змінює ймовірнісні характеристики $\Pi(S)$ та $\Pi(N)$.



Ймовірності зазорів та натягів для посадки $H7/k6$ у інтервалах розмірів 3...6 мм (I); 30...50 мм (II); 400...500 мм (III) за наявності систематичних похибок додатних (верхні криві) та від'ємних (нижні криві), що стосуються: отвору і валу (OB), тільки отвору (O), тільки валу (B). Позначення інтервалів розмірів дано як індекси. $D(OB)$; $D(O)$; $D(B)$ — діапазони зміни ймовірності при зміні знаку систематичної похибки

гами. Зростання коефіцієнтів асиметрії α_D та α_d розширює діапазон зміни значень коефіцієнтів відносного середнього зазору KS_m та відносного середнього натягу KN_m , а також ймовірнісних характеристик $\Pi(S)$ та $\Pi(N)$.

Для всіх відносних характеристик спостерігається слабка або непередбачувана залежність від інтервалів розмірів.

Встановлено, що посадки $H7/js6$ та $H8/js7$ мають однакові відносні характеристики з'єднання. Такі самі характеристики має й посадка $H7/n6$, але тільки протилежного знаку. У всіх інших посадок характеристики значно відрізняються.

Література

1. Дунаев, П.Ф. Расчет допусков размеров / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2006. — 400 с.
2. Кузнецов, В.А. Общая метрология [Текст]: монография / В.А. Кузнецов, Г.В. Ялунина; под ред. В.А. Кузнецова. — М.: Изд-во стандартов, 2001. — 269 с.
3. Анухин, В.И. Допуски и посадки [Текст] / В.И. Анухин. — 4-е изд. — М.: Питер, 2007. — 213 с.

References

1. Dunayev, P.F. Raschet dopuskov razmerov [Calculation of dimensional tolerances] / P.F. Dunayev, O.P. Lelikov. — 4th edition, revised and enlarged. — Moscow, 2006. — 400 p.

Встановлено вплив на характер посадок врахування варіантів проявлення систематичних похибок: одночасно у обох деталей, тільки у отворів, тільки у валів. Саме у такій послідовності спостерігається зменшення впливу похибок виготовлення на результати розрахунків.

Важливим виявляється врахування знаку коефіцієнтів асиметрії α_D та α_d , зміна якого приводить до збільшення чи зменшення розмірів середніх статистичних значень для отворів \bar{X} і валів \bar{x} та впливає на розташування діапазону відповідних змін відносно середнього значення: симетричного розташування для коефіцієнтів KS_m та KN_m і суттєво несиметричного для характеристик $\Pi(S)$ та $\Pi(N)$.

Висновки. Опрацьована методика оцінки впливу різного значення похибок форми поверхонь та систематичних похибок розмірів на характер з'єднань деталей, яка дозволила одержати числові дані для стандартних перехідних посадок та дати кількісну оцінку цього впливу.

Встановлено, що похибки форми не впливають на середні значення зазорів та натягів, але підвищують ймовірність відповідних з'єднань посадок типів H/k та H/t до 10 %.

Врахування систематичних похибок виготовлення на прикладі перехідних посадок може призвести до суттєвої зміни характеру з'єднання: перехід від середнього зазору до середнього натягу або навпаки. Подібний вплив цих похибок може проявлятися й у посадках з малими номінальними зазорами та натягами.

2. Kuznetsov, V.A. Obschchaya metrologiya: monografiya [General metrology] [Text]: monograph / V.A. Kuznetsov, G.V. Yalunina; edited by V.A. Kuznetsov. — Moscow, 2011. — 269 p.
3. Anukhin, V.I. Dopuski i posadki [Tolerances and fits] [Text] / V.I. Anukhin. — 4th edition. — Moscow, 2007. — 213 p.

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

В.М. Кобелев. **Вплив похибок розмірів та форми поверхонь деталей на характер їх з'єднання.** Обґрунтований вибір допусків та посадок вимагає ймовірнісного підходу для оцінки похибок виготовлення деталей. Робота повинна розширити межі застосування відомої методики розрахунку ймовірностей зазорів та натягів для врахування похибок форми поверхонь деталей і систематичних похибок розмірів. Прийняте середньоквадратичне відхилення посадки враховує похибки форми для стандартного рівня відносної геометричної точності. Визначено значення ймовірності зазорів та натягів для дванадцяти стандартних посадок і трьох інтервалів розмірів в межах 0...500 мм. Для врахування систематичних похибок використовується коефіцієнт асиметрії розсіву розмірів. Для п'яти значень цього коефіцієнта з різними знаками одержано відносні характеристики з'єднань. Відповідні ймовірності підраховано у припущенні, що форма кривої розподілу ймовірностей посадки мало відрізняється від форми закону Гауса. Розрахунки показують, що похибки форми не впливають на середні значення зазорів та натягів, однак, ймовірнісні характеристики відповідних з'єднань можуть зростати до 10 %. Систематичні похибки залежно від знака суттєво змінюють характер з'єднання від середнього зазора до середнього натягу або навпаки. Результати роботи корисні при конструюванні й розв'язанні задач точності.

Ключові слова: зазор, натяг, перехідна посадка, похибка, характеристика, систематичний, випадковий.

В.М. Кобелев. **Влияние погрешностей размеров и формы поверхностей деталей на характер их соединения.** Обоснованный выбор допусков и посадок требует вероятностного подхода для оценки погрешностей изготовления деталей. Работа должна расширить пределы применения известной методики расчета вероятностей зазоров и натягов для учета погрешностей формы поверхностей деталей и систематических погрешностей размеров. Принятое среднеквадратичное отклонение посадки учитывает погрешности формы для стандартного уровня относительной геометрической точности. Определены значения вероятности зазоров и натягов для двенадцати стандартных посадок и трех интервалов размеров в пределах 0...500 мм. Для учета систематических погрешностей используется коэффициент асимметрии рассеяния размеров. Для пяти значений этого коэффициента с разными знаками получены относительные характеристики соединений. Соответствующие вероятности посчитаны в предположении, что форма кривой распределения вероятностей мало отличается от формы закона Гаусса. Расчеты показывают, что погрешности формы не влияют на средние значения зазоров и натягов, однако, вероятностные характеристики соответствующих соединений могут возрастать до 10 %. Систематические погрешности в зависимости от знака существенно изменяют характер соединения от среднего зазора к среднему натягу или наоборот. Для всех относительных характеристик наблюдается слабая или непредсказуемая зависимость от интервалов размеров. Результаты работы полезны при конструировании и решении задач точности.

Ключевые слова: зазор, натяг, переходная посадка, погрешность, характеристика, систематический, случайный.

V.M. Koblelev. **Influence of errors of size and details surfaces shape on the nature of their connections.** Informed choice of tolerances and fits demands probabilistic approach to error estimation of details manufacturing. This work is to extend boundaries of application of the well-known technique of probability calculation for clearances and tension members taking into consideration surface shape errors and size systematic inaccuracy. Accepted standard deviation of fit takes into account form errors for standard level of relative geometric accuracy. It was determined the probability values for clearances and tension members for twelve standard fits and three intervals of sizes within 0...500 mm. Size scattering asymmetry coefficient is used to take into account the systematic errors. Relative characteristics of connections have been obtained for five values of this coefficient with different signs. The corresponding probabilities are calculated under the assumption that the shape of the probability distribution is not very different from the form of the Gauss's law. Calculations have shown that form errors do not affect the average values of clearance and interference though probabilistic characteristics of corresponding connections may increase to 10 %. Systematic errors depending on their sign significantly change the connection character from middle clearance to middle tension member and vice versa. Weak or unpredictable dependence on size intervals can be seen for all relative characteristics. The results of work can be helpful for engineering and accuracy problem solving.

Keywords: clearance, interference, transition fit, error, characteristic, systematic, random.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Сур'янінов М.Г.

Надійшла до редакції 14 квітня 2014 р.