

К вопросу о степени надежности тугих посадок.

Как известно, все посадки, независимо от класса точности, могут быть разбиты на 3 больших группы.

К первой группе относятся посадки с гарантированным минимальным зазором; это—так называемые ходовые посадки.

К третьей группе относятся посадки с гарантированным минимальным натягом—так называемые прессовые посадки.

Промежуточное положение занимает 2 группа посадок. Это—так называемые тугие посадки. Обычно эти посадки служат для неподвижных соединений различных деталей машин, подвергающихся более или менее частой разборке. Следовательно, по характеру сопряжений, для которых предназначаются эти посадки, они должны бы обеспечивать между сопрягаемыми деталями некоторый натяг, больший или меньший, в зависимости от конкретных условий данного сопряжения. Но ввиду отклонений, допускаемых в размерах изготавливаемых валов и отверстий, вместо ожидаемых натягов при сборке часто обнаруживаются зазоры. Так, например, для сопряжения, имеющего номинальный диаметр свыше 30 и до 50 мм при посадке M_8/h_7 по JSA (так называемая тугая $2\frac{1}{2}$ класса точности в системе вала *см.* ОСТ 1026) при изготовлении диаметра вала по максимуму и диаметра отверстия по минимуму получим натяг в 34 м, а при изготовлении диаметра вала по минимуму и диаметра отверстия по максимуму получим зазор в 30 м.

Таким образом в этой группе посадок возможны сборки как с натягами, так и с зазорами, причем последние, в большинстве случаев, являются для нас нежелательными.

При назначении допусков для данного сопряжения, для оценки той или иной посадки, конструкцию в дополнение к сведениям о возможных зазорах и натягах весьма важно знать также и степень вероятности получения при сборке зазоров или натягов. Вероятность получить при сборке именно ожидаемые натяги служит как бы мерилем надежности данной посадки. К сожалению, большинство учебников по допускам и посадкам не содержит подобных данных о вероятности получения при сборке зазоров или натягов в группе тугих посадок. Имеющиеся же в литературе попытки подойти к разрешению этого вопроса нельзя признать удачными.

Так, Лесохин в книге: „Допуски в машиностроении“ изд. 4, стр. 82—84, приводит расчет процента сборок с зазорами для глухой и тугой посадок 2-го класса точности (G и T в системе отверстия для интервала 50—80 мм). Для прочих тугих посадок 2-го класса, а также для тугих посадок 1 и $2\frac{1}{2}$ классов данных о проценте посадок с зазорами не приводится¹⁾. По поводу указанного расчета необходимо сделать следующие замечания. Первое замечание, частного порядка, относится к расчету процента посадок с зазорами для посадки T .

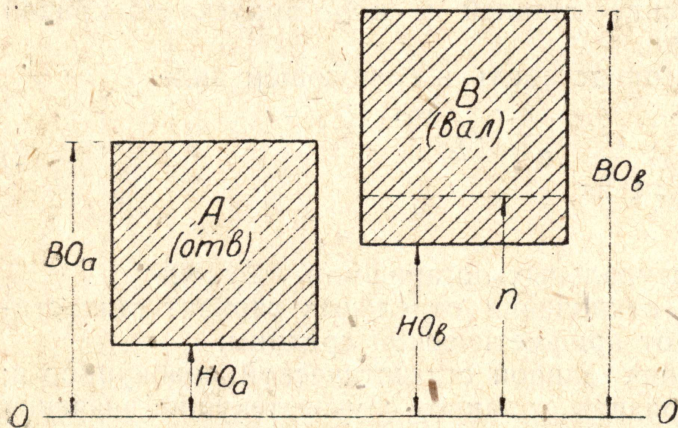
В этом расчете автор допустил арифметическую ошибку: в книге

$$\sum_{20}^0 m = 105, \text{ тогда как фактически должно быть } 210. \text{ Ввиду этого процент}$$

¹⁾ Посадки $2\frac{1}{2}$ кл. точности ОСТ 1016 и 1026 утверждены после издания книги Лесохина.

сборок с зазорами должен бы получиться у автора 32,2%, вместо указанных 16,1%.

Вторая ошибка автора заключается в принципиальном подходе к решению указанной задачи. Рассуждения Лесохина, примерно, следующего порядка (фиг. 1). Пусть даны отверстие A с отклонениями BO_a и HO_a и вал B с отклонениями BO_b и HO_b (в микронах). На каждый вал с отклонением n все отверстия с отклонениями от HO_a до n дадут натяги, а отверстия с отклонениями от n до BO_a — зазоры. Если детали имеют отклонения только в целых микронах, то общее число посадок с этим валом будет $(BO_a - HO_a + 1)$. Число посадок с зазорами $= BO_a - n$. Придавая отклонения вала n различные значения от HO_b до BO_b , мы получим число возможных комбинаций с зазорами равным S .



Фиг. 2.

$$S = \sum_{n=HO_b}^{n=BO_a} (BO_a - n) = \sum_{m=BO_a-HO_b}^{m=0} m$$

Общее же число всех посадок для данных вала и отверстия будет $(BO_a - HO_a + 1) \cdot (BO_b - HO_b + 1)$ и, следовательно, искомый процент посадок с зазорами будет

$$(100 - W_0) = \frac{100 \sum_{BO_a-HO_b}^0 m}{(BO_a - HO_a + 1) (BO_b - HO_b + 1)} = \frac{100 \sum_{BO_a-HO_b}^0 m}{(\delta_a + 1) (\delta_b + 1)} \quad (1)$$

Здесь и далее под W_0 понимается процент посадок с натягами.

Ошибка инж. Лесохина в изложенном выше рассуждении заключается в том, что появление в сборке каждого из валов (также как и отверстий) с данным отклонением, он считает равновероятным. Между тем опыт и теоретические рассуждения показывают, что распределение деталей по полю допуска ни в коем случае нельзя считать равномерным. Относительно закона распределения деталей по полю допуска согласно имеющихся исследований, произведенных в этом направлении, можно сделать следующее заключение:

1. Там, где процесс изготовления детали, будь то вал или отверстие, поставлен так, что окончательный размер детали определяется соответствующей предварительной настройкой станка, инструмента или приспособления, — там мы вправе ожидать симметричного распределения деталей по полю допуска по так наз. кривой нормального распределения Гаусса. Сюда относятся обработка на автоматах, обработка на настроенных токарных и revolverных станках по упорам, развертывание и сверление отверстий, бесцентровая шлифовка и т. п.

2. Там же, где процесс изготовления детали построен таким образом, что доведение до окончательного размера предоставлено квалификации оператора, кривая распределения получается асимметричной. Вследствие естественного желания рабочего держаться ближе к проходной стороне

калибра, вершина кривой распределения смещена на некоторое расстояние к началу поля допуска.

Для массового и крупносерийного производства, где работа по предельным калибрам на основе принципов взаимозаменяемости имеет исключительное распространение, наиболее характерен как раз первый вид построения технологических процессов, а, следовательно, и соответствующее ему нормальное распределение деталей в поле допуска по кривой Гаусса встречается наиболее часто.

Уравнение кривой Гаусса можно представить в следующем виде

$$W(v) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-M)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Здесь $\pi = 3,1415$;

e = основание системы натуральных логарифмов — 2,71828;

σ = среднее квадратичное отклонение отдельных вариантов статистической совокупности от арифметической середины;

M = арифметическая средняя данной статистической совокупности;

v = текущие значения варианты, в данном случае, текущие значения действительного отклонения детали от номинального размера;

$W(v)$ = функция частоты появления каждого v .

Общий вид кривой представлен на фиг. 2.

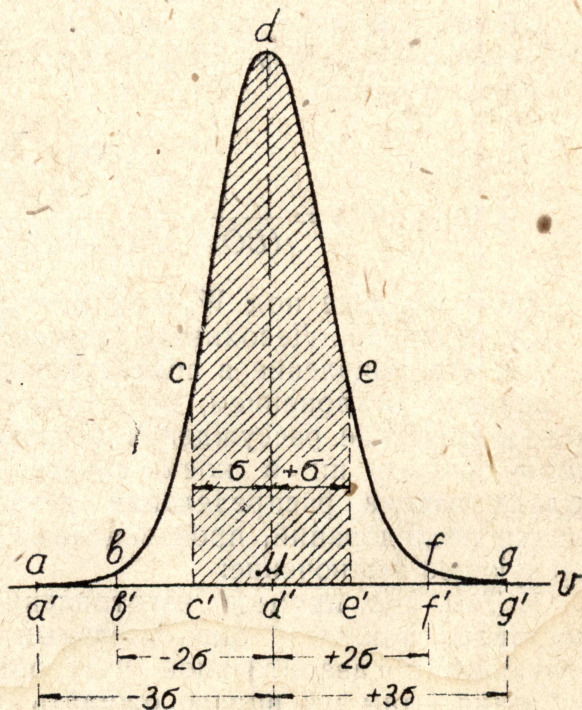
Теоретически обе ветви кривой имеют значение $W=0$ при $-\infty$ и $+\infty$, т. е. обе ветви асимптотически приближаются к оси v . Как видим в нормальной кривой распределения, наибольшую частоту имеют детали с отклонениями = арифметическому среднему.

Если на вышеприведенной диаграмме принять площадь, заключенную между кривой и осью v за единицу, тогда площадь между кривой, осью v и двумя данными ординатами bb' и cc' определит вероятность случайно взятой детали оказаться в пределах, отмечаемых ординатами bb' и cc' .

В уравнение (2) входит неизвестная нам величина среднего квадратичного отклонения σ . Величина σ характеризует степень рассеяния данной статистической совокупности. Удобнее всего вместо v на оси абсцисс откладывать отклонение v от арифметической середины, выраженное в долях σ , т. е. величину $\frac{v-M}{\sigma}$

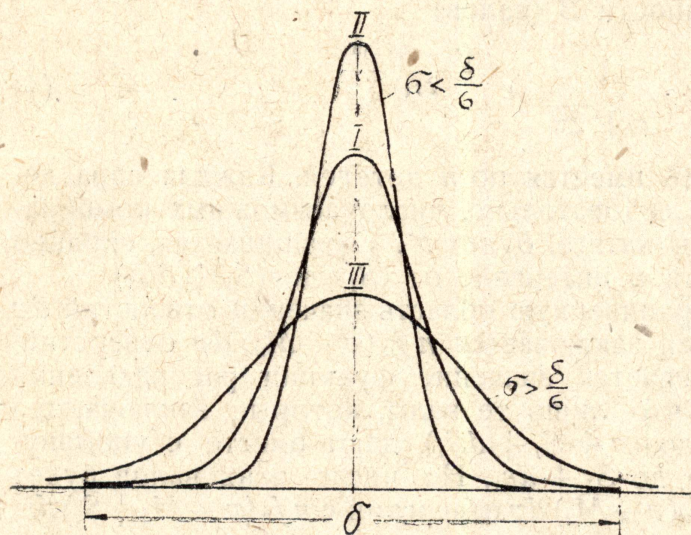
$= t$. Вычисление показывает, что в пределах от $t = -1$ до $t = +1$ заключено 68,3% всех значений v ,

в пределах от $t = -2$ до $t = +2$ заключено 95,5% всех значений v и в пределах от $t = -3$ до $t = +3$ заключено 99,74% всех значений v . Это значит, что только 0,26% деталей имеют отклонения большие, чем $\pm 3\sigma$, а так как половина этих деталей (т. е. ~ 0,13%) с отклонением $+3\sigma$ для валов и с отклонением



Фиг. 2.

ми— 3σ для отверстий могут быть путем повторной обработки исправлены, то мы можем считать, что в пределах $\pm 3\sigma$ должны быть заключены все детали, изготавливаемые по данному допуску. Не зная действительного значения σ для закона распределения деталей по полю допуска, мы можем положить, что величина допуска полностью укладывается в пределы $\pm 3\delta$,



Фиг. 3.

т. е. если обозначить величину допуска через δ , то $\delta = 6\sigma$ и следовательно $\sigma = \frac{\delta}{6}$. Дей-

ствительно, если распределение обладает большим рассеянием и $\sigma > \frac{\delta}{6}$, то значитель-

ное количество деталей будет выходить за пределы поля допуска (фиг. 3). Такое большое количество брака должно повести к немедленному пересмотру технологич. процесса и его перестройке. Если же $\sigma < \frac{\delta}{6}$, это указывает, что

допуск полностью не исполь-

зуется и работа производится с большей точностью, чем это необходимо.

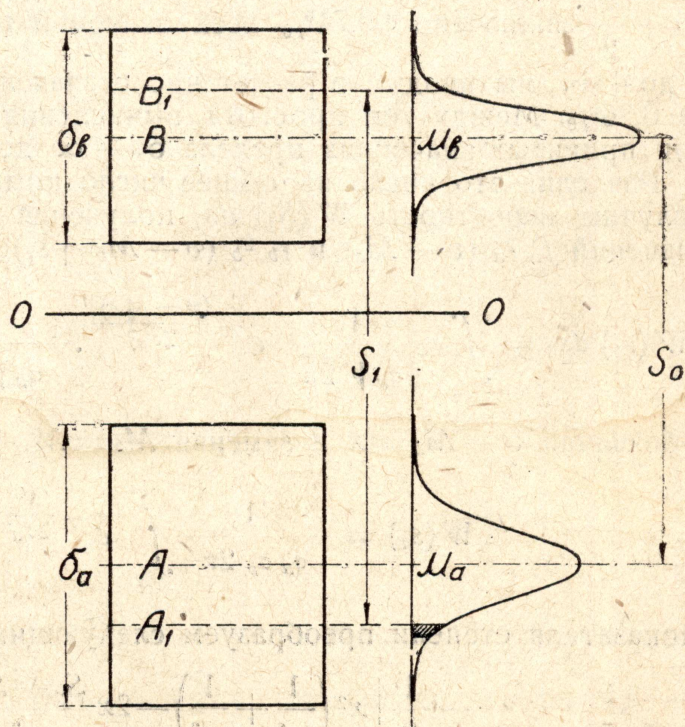
Такие условия мы тоже не можем признать за нормальные. Поэтому распределение с $\sigma = \frac{\delta}{6}$ надо признать за наиболее приемлемое. Принявши

это допущение, мы полностью определили количественно закон распределения деталей в поле допуска, для каждой посадки любого класса. Теперь можем перейти к разрешению интересующей нас задачи.

Сначала разрешим задачу в общем виде. Некоторая посадка задана нам полями допусков, расположенными определенным образом относительно нулевой линии (фиг. 4). Кривые распределения соотв. деталей в поле допуска показаны справа. Средние отклонения деталей обозначим через M с соотв. индексом. Обозначим средний натяг между деталью A (отверстие) и деталью B (вал).

$$M_b - M_a = S_0$$

Возьмем произвольное отверстие A_1 и произвольный вал B_1 . Натяг между ними (фиг. 4) обозначим S_1 . Какова вероятность получения натяга $= S_1$ при различных комбинациях вала и отверстия?



Фиг. 4.

Пусть кривая распределения совокупности A (отверстий) будет

$$f_a(v - M_a) = \frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v - M_a)^2}{2\sigma_a^2}} \quad (3)$$

и кривая распределения совокупности B (валов)

$$f_b(v - M_b) = \frac{1}{\sigma_b \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v - M_b)^2}{2\sigma_b^2}} \quad (4)$$

Пусть в каждой из совокупностей имеется по n деталей. Каждая пара деталей дает некоторый натяг S . Следовательно, число возможных комбинаций, дающих различные величины натяга, будет n^2 . Спрашивается, сколько из этих пар дают натяг, лежащий в интервале от (S_1) до $(S_1 + dS_1)$.

Для ответа выберем очень ограниченную область значений отверстий dv (на чертеже заштрихована). В ней заключается $n f_a(v - M_a) dv$ отверстий. Здесь под $f_a(v - M_a)$ подразумевается значение функции распределения для аргумента $= (v - M_a)$. Ясно, что лишь те валы, которые заключаются между ординатами от $(v + S_1)$ до $(v + S_1 + dS_1)$, дают вместе с упомянутыми отверстиями натяги от S_1 до $S_1 + dS_1$. Но число этих валов будет $n f_b(v - M_b + S_1) dS_1$. Сочетания $n f_a(v - M_a) dv$ отверстий с $n f_b(v - M_b + S_1) dS_1$ валами дадут комбинации с искомыми натягами от S_1 до $S_1 + dS_1$.

Число этих сочетаний $n f_a(v - M_a) dv \cdot n f_b(v - M_b + S_1) dS_1 = n^2 f_a(v - M_a) f_b(v - M_b + S_1) dv \cdot dS_1$. Интегрируя по v от $-\infty$ до $+\infty$ получим общее число искоемых сочетаний

$$= n^2 \int_{-\infty}^{+\infty} f_a(v - M_a) f_b(v - M_b + S_1) dv \cdot dS_1.$$

Пределы интегрирования взяты нами от $-\infty$ до $+\infty$, хотя значения v простираются от $-\frac{\delta_a}{2}$ до $+\frac{\delta_a}{2}$. Как выше было указано, в пределах от $-\frac{\delta_a}{2}$

до $+\frac{\delta_a}{2}$ заключено 99,74% всех значений v , так что интегрируя от $-\infty$

и до $+\infty$, мы вводим в расчет число значений, превышающее фактическое на 0,26%. Между тем простота вычисления и вывода весьма выигрывает при принятых значениях предела от $-\infty$ до $+\infty$.

Разделив это число на общее число комбинаций валов и отверстий n^2 , получим вероятность $W(S_1) dS_1$ получения натяга $= S_1$ после подстановки значений $f_a(v - M_a)$ и $f_b(v - M_b + S_1)$

$$W(S_1) dS_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v - M_a)^2}{2\sigma_a^2}} \cdot \frac{1}{\sigma_b \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[v - (M_b - S_1)]^2}{2\sigma_b^2}} dv \cdot dS_1$$

Обозначая $v - M_a = x$ и заменяя $M_b = M_a + S_0$ получим

$$W(S_1) = \frac{1}{\sigma_a \sigma_b 2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_a^2} - \frac{(x - S_0 + S_1)^2}{2\sigma_b^2}} dx.$$

Показателя степени преобразуем следующим образом:

$$-\frac{1}{2} \left[x^2 \left(\frac{1}{\sigma_a^2} + \frac{1}{\sigma_b^2} \right) - 2x \frac{S_0 - S_1}{\sigma_b^2} + \frac{(S_0 - S_1)^2}{\sigma_b^2} \right]$$

Обозначим

$$\frac{1}{\sigma_a^2} + \frac{1}{\sigma_b^2} = \alpha,$$

$$\frac{S_0 - S_1}{\sigma_b^2} = \beta, \quad \frac{(S_0 - S_1)^2}{\sigma_b^2} = \gamma.$$

Тогда показатель степени у e примет вид

$$-\frac{1}{2} (x^2 \alpha - 2x\beta + \gamma)$$

Вынося α за скобку, получим:

$$-\frac{\alpha}{2} \left[x^2 - 2x \frac{\beta}{\alpha} + \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^2 - \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^2 + \frac{\gamma}{\alpha} \right] = \frac{\alpha}{2} \left(x - \frac{\beta}{\alpha} \right)^2 - \frac{\gamma\alpha - \beta^2}{2\alpha}$$

Подставляя в последнее слагаемое значения α , β и γ , после сокращений и преобразований получим

$$\frac{\gamma\alpha - \beta^2}{2\alpha} = \frac{(S_0 - S_1)^2}{2(\sigma_a^2 + \sigma_b^2)}$$

Как видим, это выражение не зависит от x . Подставляя преобразованное выражение показателя в ур-ние вероятности, получим

$$W(S_1) = \frac{1}{\sigma_a \sigma_b 2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{\alpha}{2} \left(x - \frac{\beta}{\alpha} \right)^2} e^{-\frac{(S_0 - S_1)^2}{2(\sigma_a^2 + \sigma_b^2)}} dx$$

Последний множитель, как не зависящий от x , может быть вынесен за знак интеграла,

Кроме того

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{\alpha}{2} \left(x - \frac{\beta}{\alpha} \right)^2} dx = \sqrt{\frac{2\pi}{\alpha}}.$$

Подставляя все это в ур-ние для $W(S_1)$, получаем

$$W(S_1) = \frac{1}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(S_0 - S_1)^2}{2(\sigma_a^2 + \sigma_b^2)}}.$$

Вводя обозначение

$$\xi^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2,$$

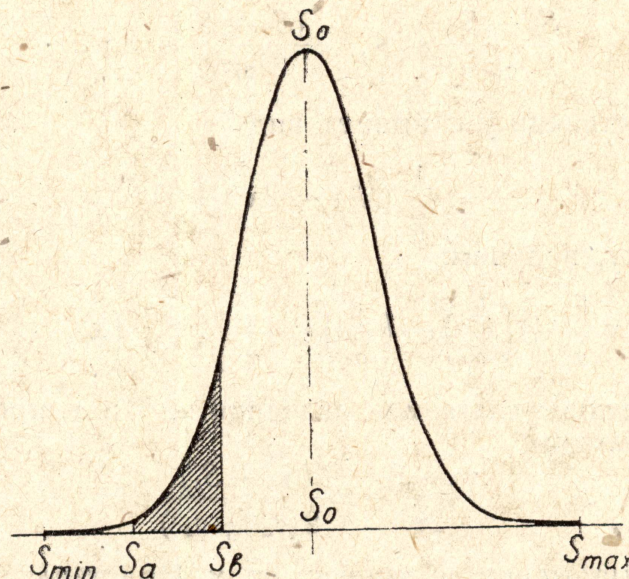
получаем окончательно

$$W(S_1) = \frac{1}{\xi \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(S_0 - S_1)^2}{2\xi^2}} \quad (5)$$

т. е. функция частоты натяга S_1 представляет собой также кривую Гаусса с арифметич. средним $= S_0$ и средним квадратичным отклонением, равным гипотенузе тр-ка, катетами которого служат средние квадратичные отклонения вала и отверстия.

Если, опять-таки принять площадь между кривой и осью абсцисс за единицу, то площадь, заключенная между ординатами S_a , S_b , осью абсцисс и кривой дает вероятность произвольным валу и отверстию дать натяг в пределах от S_a до S_b . (фиг. 5).

Имея общий закон распределения натягов, нетрудно будет вычислить и вероятность того, что при данном положительном S_0 две произвольных детали (вал и отверстие) дадут также положительный натяг. Искомая ве-



Фиг. 5.

роятность W_0 получится путем интегрирования функции $W(S_1)$ по S_1 в пределах от 0 до $=\infty$

$$W_0 = \frac{1}{\xi \sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(S_0 - S_1)^2}{2\xi^2}} ds.$$

Обозначая

$$\frac{S_0 - S_1}{\xi} = x,$$

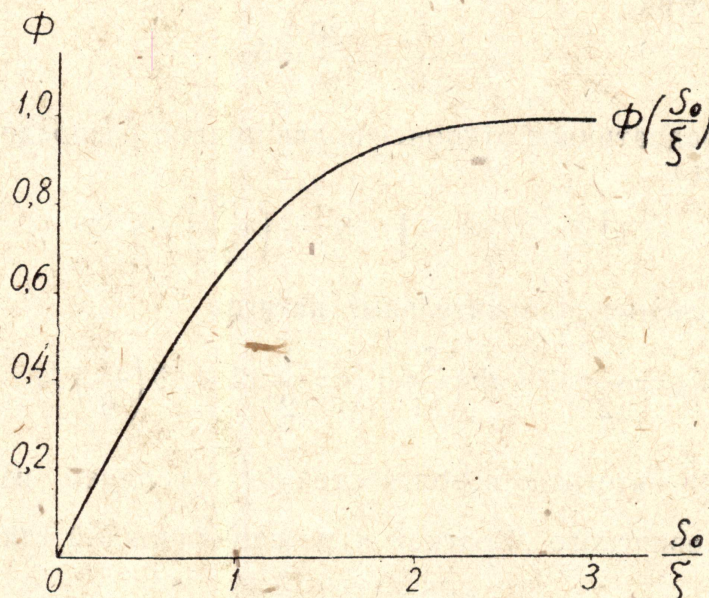
имеем $-ds_1 = \xi dx$
и

$$W_0 = - \int_{\frac{S_0}{\xi}}^{-\infty} \frac{\xi}{\xi \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\frac{S_0}{\xi}}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi\left(\frac{S_0}{\xi}\right) \right]$$

$$W_0 = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi\left(\frac{S_0}{\xi}\right) \right] \quad (6)$$

Здесь величина $\Phi\left(\frac{S_0}{\xi}\right)$ является значением интеграла вероятности, которое лучше всего брать из существующих таблиц, дающих значение этого интеграла для данного отношения $\left(\frac{S_0}{\xi}\right)$. Таблицы интеграла вероятности можно найти в любом курсе математической или вариационной статистики или курсах по теории вероятностей. Значение функции $\Phi\left(\frac{S_0}{\xi}\right)$ с изменением $\left(\frac{S_0}{\xi}\right)$ растет сначала довольно быстро, а затем постепенно замедляется

(см. диагр. фиг. 6). Очевидно что кривая $\Phi\left(\frac{S_0}{\xi}\right)$ является интегральной кривой для функции распределения. Из формулы (6) и вида функции (см. фиг. 6) явствует, что при малых значениях $\frac{S_0}{\xi}$ вероятность положительного натяга будет близка к $\frac{1}{2}$. Действительно, при среднем натяге, равном



Фиг. 6.

или близком к нулю, вероятность появления положительного натяга или положительного зазора близка к половине.

Кроме того из той же формулы видим, что значение W_0 будет также приближаться к $\frac{1}{2}$ при весьма больших значениях ξ , а, следовательно, σ_a и σ_b .

Применение приведенных выше выводов и рассуждений к конкретным посадкам иллюстрируем несколькими примерами.

Пример 1. Вычислить процент посадок с зазорами для тугой посадки 2 кл. точности (Т) в интервале 50—80 мм система вала. Из ОСТ 1022 находим отклонения:

для вала—верхнее отклонение $BO_b = 0$,

нижнее отклонение $HO_b = -20\mu$;

для отверстия—верхнее отклонение $BO_a = 0$,

нижнее отклонение $HO_a = -30\mu$.

Следовательно, допуск вала

$$\sigma_b = BO_b - HO_b = 20\mu,$$

допуск отверстия

$$\sigma_a = BO_a - HO_a = 30\mu.$$

Минимальный натяг

$$S_{\min} = HO_b - BO_a = -20 - 0 = -20\mu,$$

т. е. (зазор в 20μ).

Максимальный натяг

$$S_{\max} = BO_b - HO_a = 0 - (-30) = 30\mu$$

Средний натяг

$$S_0 = S_{cp} = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{30 - 20}{2} = 5\mu$$

Среднее квадратное отклонение для валов

$$\sigma_b = \frac{\delta_b}{6} = \frac{20}{6} = \frac{10}{3} \mu$$

То же для отверстия

$$\sigma_a = \frac{\delta_a}{6} = \frac{30}{6} = 5\mu.$$

Тогда среднее квадратичное отклонение для кривой распределения натягов от среднего натяга

$$\xi = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} = \sqrt{5^2 + \left(\frac{10}{3}\right)^2} \approx 6\mu.$$

Вероятность получения положительных натягов

$$W_0 = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{S_{cp}}{\xi} \right) \right] = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{5}{6} \right) \right].$$

Значение функции интеграла вероятностей $\Phi \left(\frac{5}{6} \right)$ берем из таблицы на стр. 126 книги Левинского „Краткий курс вариационной статистики“:

$$\Phi \left(\frac{5}{6} \right) = 0,5962.$$

Следовательно

$$W_0 = \frac{1}{2} (1 + 0,5962) = 79,8\%.$$

Следовательно, 79,8% сборок будут с положительными натягами и 20,2% с зазорами. По Лесохину мы получили бы по формуле (1)

$$(100 - W_0) = \frac{100 \sum_{BO_a - HO_b}^0 m}{(\delta_a + 1)(\delta_b + 1)} = \frac{100 \sum_{0+20}^0 m}{(20 + 1)(30 + 1)} = \frac{100 \cdot 210}{651} = 32,2\%.$$

Исчисленный процент сборок с зазорами предлагаемым нами методом оказывается ниже, чем у Лесохина. Это и вполне понятно, т. к. Лесохин исходит из неправильной по существу „кривой распределения“ в виде прямоугольника (равные вероятности для любых значений вариант вала и отверстия). Фактически же вероятности появления валов и отверстий, дающих в сопряжении зазоры, будут меньше, нежели для валов и отверстий, дающих средний натяг.

Пример 2. Вычислить процент сборок с зазорами для напряженной посадки 2 кл. точности в интервале 50—80 м. Система вала. По ОСТ 1022 и ОСТ 1030 имеем:

$$\delta_a = 31\mu, \quad \delta_b = 20\mu. \quad \text{След., } \xi = \sqrt{\left(\frac{\delta_a}{6}\right)^2 + \left(\frac{\delta_b}{6}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{31}{6}\right)^2 + \left(\frac{20}{6}\right)^2} = 6,15$$

$$S_{min} = -28\mu \text{ (зазор)} \quad \Phi \left(\frac{S_0}{\xi} \right) = \Phi \left(\frac{5}{6,15} \right) = 0,5837$$

$$S_{\max} = +23\mu.$$

$$S_{\text{ср}} = S_0 = -5\mu. \text{ (зазор).}$$

Следовательно, вероятность появления зазоров будет

$$W_0 = \frac{1}{2} (1 + 0,5837) \cong 0,792,$$

т. е. 79,2% будут с зазорами и лишь 20,8% с натягами.

Этим способом можно вычислить процент сборок с натягами и для прочих посадок. На табл. № 1 представлены результаты вычислений, сделанные автором для тугих посадок всех классов точности в различных интервалах диаметров.

Таблица № 1.

Процент сборок с натягами в тугих посадках 1, 2 и 2^{1/2} классов.

Посадки	1 кл. точн.			2 кл. точн.			2 ^{1/2} кл. точн.		
	Интервалы диаметра			Интервалы диаметра			Интервалы диаметра		
	6—10	30—50	120—180	6—10	30—50	120—180	6—10	30—50	120—180
Глухая	100	100	100	98,7	99,3	99,1	92,9	90,3	89,4
Тугая	99,4	98,8	98,6	82,9	79,7	79,1	71,5	60,2	61,0
Напряженная .	61,0	56,3	57,9	37,4	35,2	35,4	28,4	25,8	24,8
Плотная . . .	1,75	3,3	1,62	0,57	0,52	0,72	2,77	1,39	0,86

Из рассмотрения этой таблицы явствует, что колебания процента вполне надежных посадок (с положительным натягом) в различных интервалах данного класса точности весьма незначительны и объясняются округлениями в заданных отклонениях различных посадок. Точно так же из таблицы видно, что процент надежности каждой посадки падает с переходом к более грубым классам точности, что вполне естественно и не требует пояснений. Некоторая аномалия в этом отношении имеется только для плотной посадки.

Между прочим следует подчеркнуть—последняя посадка дает подавляющее число сборок с зазорами и только в виде исключения встречаются от 0,5—3,3% сборок с натягами.

Приведенная таблица в целом представляет для конструктора практический интерес при назначении и выборе тугих посадок, в случае нормального распределения деталей по полю допуска.

В случае асимметричного распределения деталей по полю допуска процент посадок с натягами будет, естественно, выше. Этот процент может быть вычислен тем же способом, для этого необходимо знать точное математическое выражение вида функций распределения $f_a(v - M_a)$ и $f_b(v - M_b)$.

В заключение следует указать, что при помощи формулы (5) может быть вычислен процент сборок с натягами или зазорами от S_1 до S_2 , для чего следует интегрировать $W(S)$ по S и подставить соответствующие пределы при интегрировании.

Использованная литература.

1. Зыков. Применение закона больших чисел к системе допусков. Вестник Металлопромышленности. 1928, № 5/6 и 1929, № 5.
2. G. Schlesinger. Die Bewährung der Dinpassungen in Lichte der Statistik Maschinenbau. 1929, Heft 9.
3. Buxbaum Jng. Kontrolle des Zustandes und der Ausnützung von Maschinen und maschinellen Einrichtungen (см. книгу Dr. Jng. G. Kienzie Kontrollen der Betriebswirtschaft Verlag v. Julius Springer, 1931).
4. D-r Jng. Fischer. Feste Grenzlehren in der Feimmechanik Maschinenbau 1933 № 23—24.
5. Jng Obeltshauser. Arbeitsgenauigkeit von Automaten. Maschinenbau 1928, Heft 11.
6. Пивовар В. А. Распределение деталей по полю допуска. Вестник металлопромышленности 1935, № 9.
7. Левинский В. П. Краткий курс вариационной статистики. Москва, 1935.
8. Лесохин А., инж. Допуски в машиностроении. Изд. 4-е.