

Теоретические основы расчета геометрических характеристик точек инверсии волновых максимумов стоячих волн де Бройля через окружность в многополостных структурах трубчатой формы.

Часть 1. Начальные формулы

Андрей Иванов

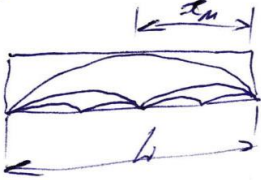
15.09.2026 г.

Раздел I. Перепроверка математической зависимости (4) В.Ф. Золотарева и вывод формулы расчета размеров цилиндрической трубки в плоскости поперечного сечения, при которых обеспечивается «фокусировка» в ее центр внешнего отображения инверсии точек волновых максимумов стоячих волн де Бройля формируемых на конкретной гармонике (n)

1.1. Повторная перепроверка правильности вывода зависимости (4) В.Ф. Золотарева, приведенной на (Фото.1) во фрагменте письма¹, материалов переписки В.С. Гребенникова и В.Ф. Золотарева, при исследовании ими эффекта многополостных структур (ЭПС) и непосредственное уточнение физического смысла символа (L) входящего в эту зависимость.

Проявление гармоник волн-де-Бройля в ЭПС

Волны де-Бройля в сечении полости являются стоящими волнами: длина радиуса L сечения укладывается целое число раз в длину: $L = \frac{\lambda}{2}(n+1)$, (1)
где $n = 0, 1, \dots$



Расстояние между максимумами сечения:
 $x_n = L/2(n+1)$ (2)

Отражение этих волн на внешней стороне окружности дает стоячие волны (2):
Вдоль $x_n = L^2/x_n \Rightarrow x_n = 2L(n+1)$ (3)

Края того же радиуса максимумов во-вне размещены в 2^m раз, так же расстояние максимумов равно по (3)
 $x_{nm} = 2L(n+1) 2^m$ (4)
 $n, m = 0, 1, \dots$

Фото.1. Фрагмент письма, характеризующего переписку В.С. Гребенникова и В.Ф. Золотарева с приведенной в нем зависимостью (4) и кратким ее выводом.

¹ Проявление гармоник волн-де-Бройля в ЭПС. В.Ф. Золотарев. 1985 / ogvsg.
<https://ogvsg.narod.ru/library/lunkina/proyavlenie-garmonik-voln-de-broylya-zolotarev-1985.html>.

Для верного понимания физического смысла зависимости (4), приведенной на (Фото.1), повторно выполним ее подробный вывод используя (Рис.1).

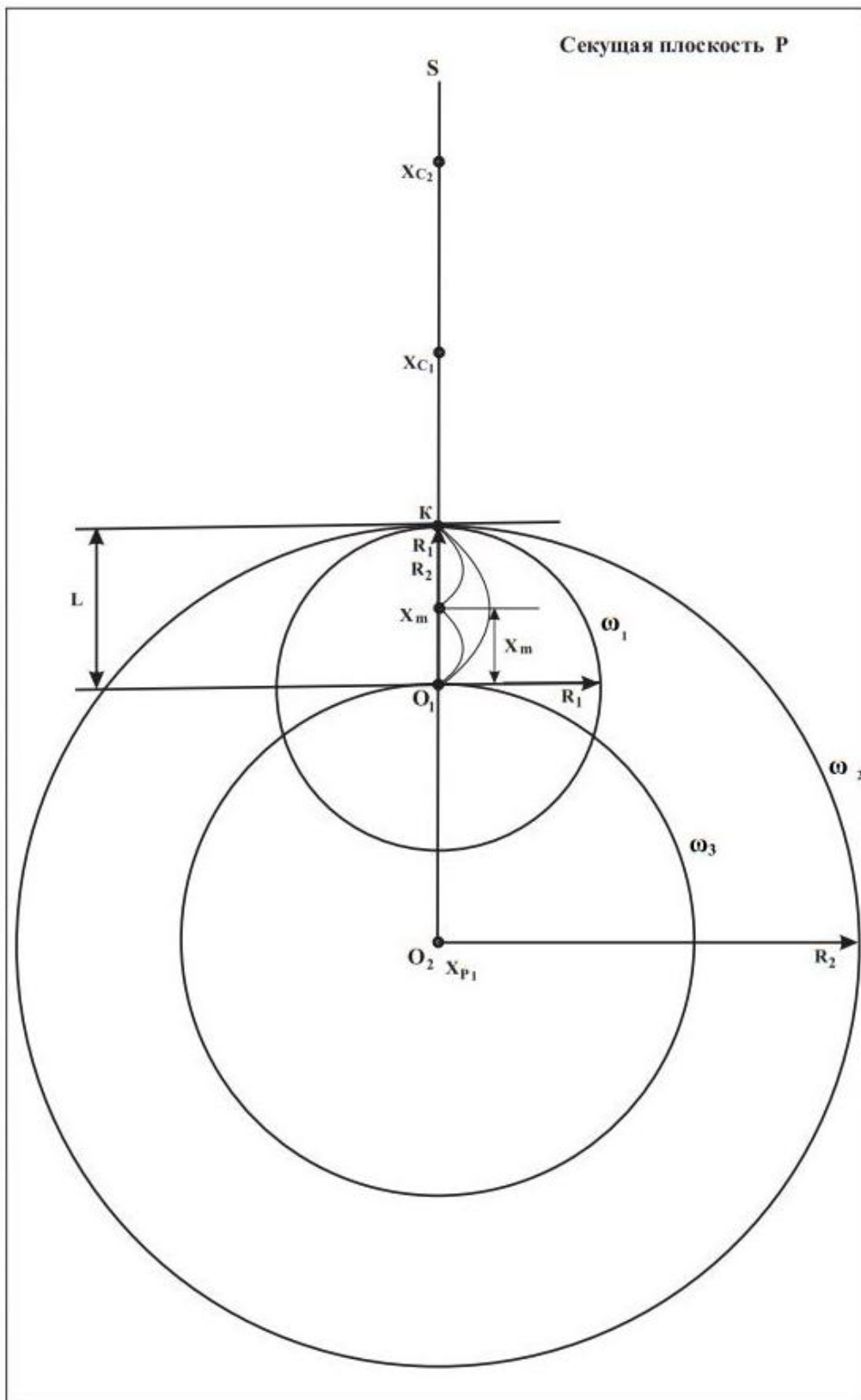


Рис.1. Общий вид поперечного сечения отрезка цилиндрической трубки в секущей плоскости (Р).

Геометрическое описание особенностей поперечного сечения отрезка цилиндрической трубки (Рис.1) в секущей плоскости (Р).

Внешняя поверхность сечения цилиндрической трубки отображена на рисунке окружностью (ω_2) с ее радиусом (R_2).

Толщина внутренней стенки в поперечном сечении цилиндрической трубки равна (L) и соответствует радиусу (R_1) условной окружности (ω_1), то есть ($L = R_1$).

Из центра окружности (O_2) исходит луч (O_2S).

Луч (O_2S) как и окружности (ω_1) и (ω_2) с их радиусами расположены на плоскости (Р).

Точка (X_m) является точкой волнового максимума стоячих волн де Бройля, расположена на луче (O_2S) и находится во внутренней стенке цилиндрической трубки, толщина которой в плоскости сечения (Р) равна (L).

Положение точки волнового максимума (X_m) на луче (O_2S) внутри стенки цилиндрической трубки вычисляется по зависимости (1), взятой из (Фото.1)

$$X_m = \frac{L}{2 \cdot (n+1)}, \quad (1)$$

где:

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$ номер гармоники волнового максимума (X_m) стоячих волн де Бройля, существующего на луче (O_2S) во внутренней стенке, толщиной (L) в поперечном сечении отрезка цилиндрической трубки.

Расстояние точки (X_m) от точки центра (O_1) окружности (ω_1) по лучу (O_1S) равно (O_1X_m).

Инверсия² точки (X_m) через окружность (ω_1) отображена на луче (O_2S) точкой (X_{c1}).

Точке (X_{c1}) соответствует отрезок (O_1X_{c1}).

Инверсия точки (X_m) через окружность (ω_2) отображена на луче (O_2S) точкой (X_{c2}).

Размер отрезка $O_1O_2 = R_2 - R_1$.

Размер отрезка $X_mX_{c1} = O_1X_{c1} - O_1X_m$.

Отрезок $O_1X_m = L / (2 \cdot (n+1))$ соответствует удалению по лучу (O_2S) точки (X_m) относительно точки (O_1).

Длина отрезка $X_mO_2 = O_1O_2 + O_1X_m = (R_2 - L) + L / (2(n+1))$.

Точка (O_2) центра окружности (ω_2) совмещена с точкой (X_{p1}), являющейся инверсией точки (X_m) через окружность (ω_1).

² Жижилкин И. Д. Инверсия. — 2009 // Библиотека Mathedu.Ru
https://www.mathedu.ru/text/zhizhilkin_inversiya_2009/p1/

«Постановка задачи1» на проверку корректности вывода зависимости (4), приведенной на (Фото. 1) и уточнение физического смысла символа (L) используемого в этой зависимости:

Требуется вывести общую математическую зависимость, связывающую между собой через операцию инверсия² находящуюся на луче (O₂S) точку (X_m) с ее внешним отображением через окружность (ω₁), - точкой (X_{c1}), также расположенной на луче (O₂S).

Последовательность повторного вывода математической зависимости «Постановки Задачи 1».

Из (Рис.1) видно, что инверсия точки (X_m), которой соответствует отрезок (O₁X_m) через окружность (ω₁) в точку внешнего отображения (X_{c1}), которой соответствует отрезок (O₁X_{c1}), взаимосвязана через математическую операцию инверсия по зависимости (2)

$$O_1X_m \cdot O_1X_{c1} = (O_1K)^2, \quad (2)$$

где:

$$O_1K = R_1$$

Равенство (2) для удобства его использования в варианте сокращенного обозначения соответствует зависимости (3)

$$X_m \cdot X_{c1} = (R_1)^2, \quad (3)$$

Откуда

$$X_{c1} = \frac{(R_1)^2}{X_m}, \quad (5)$$

Так как в геометрическом описании (Рис.1) принято условие (6), то подставляя его в зависимость (1) получаем равенство (7)

$$L = R_1, \quad (6)$$

$$X_m = \frac{R_1}{2 \cdot (n+1)}, \quad (7)$$

Подставляя зависимость (7) в уравнение (5) и производя преобразования получаем равенство (8)

$$X_{c1} = \frac{(R_1)^2}{X_m} = \frac{(R_1)^2}{\frac{R_1}{2 \cdot (n+1)}} = \frac{(R_1)^2 \cdot 2 \cdot (n+1)}{R_1} = 2 \cdot R_1 \cdot (n+1), \quad (8)$$

Принимая во внимание для зависимости (8) условие (6), получаем равенство (9) которое характеризует на (Рис.1) геометрическую взаимосвязь расположенных

на луче (O_2S): точки волнового максимума (X_m) стоячих волн де Бройля, находящейся внутри стенки толщиной (L) в поперечном сечении цилиндрической трубки с точкой ее внешнего отображения (X_{c1}), как инверсии точки (X_m) через окружность (ω_1)

$$X_{c1} = 2 \cdot L \cdot (n + 1), \quad (9)$$

Учитывая в зависимости (9) множитель ветвления (2^m), обоснованно рекомендуемый В.Ф. Золотаревым в публикации ³ и использованный им в формуле (4) материала переписки (Фото.1), получаем типичное равенство (10), которое подтверждает правильность вывода уравнения (4)

$$X_{c1} = L \cdot 2 \cdot (n + 1) \cdot 2^m, \quad (10)$$

где:

L - толщина внутренней стенки отрезка цилиндрической трубки в ее поперечном сечении плоскостью (P).

$n = 0, 1, 2, \dots$ - номер гармоники волнового максимума (X_m) стоячих волн де Бройля расположенного на луче (O_2S) и находящегося во внутренней стенке толщиной (L) поперечного сечении отрезка цилиндрической трубки.

$m = 0, 1, 2, \dots$ - номер ветвления во вне, принятый за номер волнового максимума внешнего отображения на луче (O_2S) токи (X_{c1}) стоячих волн де Бройля, расположенной в плоскости поперечного сечения (P) за толщиной (L) внутренней стенкой цилиндрической трубки, при инверсии точки (X_m) через окружность (ω_1).

Так как в соответствии с зависимостью (10) положение точки (X_{c1}) внешнего отображения волновых максимумов стоячих волн де Бройля на луче (O_2S , Рис.1) вне толщины (L) стенки цилиндрической трубки в плоскости поперечного сечения (P) определяется двумя независимыми переменными (n и m), то для удобства проведения анализа по этой зависимости ее записывают в виде равенства (11)

$$X_{nm} = L \cdot 2 \cdot (n + 1) \cdot 2^m, \quad (11)$$

где:

X_{nm} - более удобная форма выражения символа (X_{c1}), которая позволяет автономно учитывать в обозначениях зависимости (11) независимое влияние двух ее переменных (n и m).

Для упрощения практического использования зависимости (11), ее сомножитель $[2 \cdot (n + 1) \cdot 2^m]$ принимается равным коэффициенту (A), который вычисляется по формуле (12)

$$A = 2 \cdot (n + 1) \cdot 2^m, \quad (12)$$

³ Теория полевого излучения многополостных структур. В.С. Гребенников, В.Ф. Золотарев. В кн. Непериодические быстропротекающие явления в окружающей среде. Секция: концептуальные подходы и гипотезы, Томск, 1988, ч.III, с.91-93 - ogvsg http://ogvsg.ru/library/publications_vsg_s84/teoriya_polevogo_ims_1988.html

Учитывая формулу (12) в равенстве (11) получаем зависимость (13)

$$X_{nm} = L \cdot A, \quad (13)$$

Откуда

$$A = \frac{X_{nm}}{L}, \quad (14)$$

Как видно из формулы (12), вычисляемое по ней значение коэффициента (A), входящего в состав уравнений (11) и (13) зависит только от величин переменных (n) и (m) и не зависит от параметра (L). В связи с чем по зависимости (12), для конкретных переменных значений (n) и (m), был составлен справочный массив (Табл.1) расчетных значений коэффициента (A).

Это позволило использовать совместно формул (13) и данные (Табл.1) для вычисления дальности расположения точек внешнего отображения ($X_{nm} = X_{c1}$) волновых максимумов стоячих волн де Бройля, находящихся на луче (O_2S) в плоскости (P) поперечного сечения цилиндрической трубки (Рис.1) не прибегая каждый раз к повторному расчету коэффициента (A).

В свою очередь, зависимость (14) позволяет вычислить величину коэффициента (A) для конкретного значения толщины внутренней стенки (L) цилиндрической трубки в ее поперечном сечении (Рис.1), с учетом заданной на луче (O_2S) в секущей плоскости (P) дальности расположения точки внешнего отображения волнового максимума ($X_{nm} = X_{c1}$) на своих значениях сочетания двух независимых переменных: номера гармоники (n) волнового максимума стоячих волн де Бройля, находящегося во внутренней стенке цилиндрической трубки и номера пучности (m) внешнего отображения точки ($X_{c1} = X_{nm}$) волнового максимума при учете в зависимости (11) множителя ветвления (2^m).

Таблица 1.

Расчетные значения коэффициента (A), вычисленного по зависимости (12) для дискретных значений величин ($n = 0, 1, \dots, 30$) и ($m = 0, 1, \dots, 30$)

n	Anm	m																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	A _{0m}	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144
1	A _{1m}	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144	524288
2	A _{2m}	6	12	24	48	96	192	384	768	1536	3072	6144	12288	24576	49152	98304	196608	393216	786432
3	A _{3m}	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144	524288	1048576
4	A _{4m}	10	20	40	80	160	320	640	1280	2560	5120	10240	20480	40960	81920	163840	327680	655360	1310720
5	A _{5m}	12	24	48	96	192	384	768	1536	3072	6144	12288	24576	49152	98304	196608	393216	786432	1572864
6	A _{6m}	14	28	56	112	224	448	896	1792	3584	7168	14336	28672	57344	114688	229376	458752	917504	1835008
7	A _{7m}	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144	524288	1048576	2097152
8	A _{8m}	18	36	72	144	288	576	1152	2304	4608	9216	18432	36864	73728	147456	294912	589824	1179648	2359296
9	A _{9m}	20	40	80	160	320	640	1280	2560	5120	10240	20480	40960	81920	163840	327680	655360	1310720	2621440
10	A _{10m}	22	44	88	176	352	705	1408	2816	5632	11264	22528	45056	90112	180224	360488	720896	1441792	2883584
11	A _{11m}	24	48	96	192	384	768	1536	3072	6144	12288	24576	49152	98304	196608	393216	786432	1572864	3145728
12	A _{12m}	26	52	104	208	416	832	1664	3328	6656	13312	26624	53248	106496	212992	425984	851968	1703936	3407872
13	A _{13m}	28	56	112	224	448	896	1792	3584	7168	14336	28672	57344	114688	229376	458752	917504	1835008	3670016
14	A _{14m}	30	60	120	240	480	960	1920	3840	7680	15360	30720	61440	122880	245760	491520	983040	1966080	3932160
15	A _{15m}	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144	524288	1048576	2097152	4194304
16	A _{16m}	34	68	136	272	544	1088	2176	4352	8704	17408	34816	69632	139264	278528	557056	1114112	2228224	4456448
17	A _{17m}	36	72	144	288	576	1152	2304	4608	9216	18432	36864	73728	147456	294912	589824	1179648	2359296	4718592
18	A _{18m}	38	76	152	304	608	1216	2432	4864	9728	19456	38912	77824	155648	311296	622592	1245184	2490368	4980736
19	A _{19m}	40	80	160	320	640	1280	2560	5120	10240	20480	40960	81920	163840	327680	655360	1310720	2621440	5242880
20	A _{20m}	42	84	168	336	672	1344	2688	5376	10752	21504	43008	86016	172032	344064	688128	1376256	2752512	5505024
21	A _{21m}	44	88	176	352	704	1408	2816	5632	11264	22528	45056	90112	180224	360448	720896	1441792	2883584	5767168
22	A _{22m}	46	92	184	368	736	1472	2944	5888	11776	23552	47104	94208	188416	376832	753664	1507328	3014656	6029312
23	A _{23m}	48	96	192	384	768	1536	3072	6144	12288	24576	49152	98304	196608	393216	786432	1572864	3145728	6291456
24	A _{24m}	50	100	200	400	800	1600	3200	6400	12800	25600	51200	102400	204800	409600	819200	1638400	3276800	6553600
25	A _{25m}	52	104	208	416	832	1664	3328	6656	13312	26624	53248	106496	212992	425984	851968	1703936	3407872	6815744
26	A _{26m}	54	108	216	432	864	1728	3456	6912	13824	27648	55296	110592	221184	442368	884736	1769472	3538944	7077888
27	A _{27m}	56	112	224	448	896	1792	3584	7168	14336	28672	57344	114688	229376	458752	917504	1835008	3670016	7340032
28	A _{28m}	58	116	232	464	928	1856	3712	7424	14848	29696	59392	118784	237568	475136	950272	1900544	3801088	7602176
29	A _{29m}	60	120	240	480	960	1920	3840	7680	15360	30720	61440	122880	245760	491520	983040	1966080	3932160	7864320
30	A _{30m}	62	124	248	496	992	1984	3968	7936	15872	31744	63488	126976	253952	507904	1015808	2031616	4063232	8126464

Краткое обобщение материала подраздела 1.1

1. В результате повторной перепроверки вывода через математическую операцию «инверсия» приведенной на (Фото.1) зависимости (4) В.Ф. Золотарева, с использованием поясняющего (Рис.1) установлено, что под символом (L) в зависимости (4), также как и в типично полученной зависимости (11) следует понимать толщину (L) внутренней стенки цилиндрической трубки, измеряемую по лучу (O_2S) в ее поперечном сечении секущей плоскостью (P).

2. Использование понятия физического смысла символа (L) в зависимости (4), (Фото.1) и в подтвердившей правильность ее вывода конечной зависимости (11), - как длины окружности трубки, вычисляемой по формуле ($L = 2\pi R_{\text{ТРУБКИ}}$) является ошибкой, что подтверждается повторным выводом зависимости (11) через использование математической операции «инверсия». Типичность этой ошибки о ложном понятии физического смысла символа (L), а следовательно и неверным расчетом его значения как длины окружности трубки, наблюдается в ряде известных публикаций, например таких как: публикация⁴, публикация⁵, публикация⁶ и т.д.

3. Выполненная повторная, подробная перепроверка вывода математической зависимости (4), (Фото.1) с использованием поясняющего (Рис.1) показывает, что геометрические точки ($X_{c1} = X_{nm}$) внешнего отображения максимумов стоячих волн де Бройля (X_m), вычисляемые по зависимости (11) через математическую операцию «инверсия» располагаются по лучу (O_2S) в плоскости (P) поперечного сечения отрезка цилиндрической трубки (за ее внутренней стенкой, как за первичным единичным «формирователем»). Но не сразу вдоль продольной оси цилиндрической трубки. Так как это противоречит основной сути математического вывода зависимости (4), (Фото.1) и полученной в результате повторного вывода зависимости (11).

4. Практически измеренные В.С. Гребенниковым и приведенные в полном материале письма⁷ дальности расположения точек внешнего отображения волновых максимумов (X_{nm}) вдоль продольной оси единичных «формирователей»,

⁴ Комментарии к статье Профессора Золотарева В.Ф. «Расчет эффекта многополостных структур (ячеистых структур)» А.В. Фролов. 2000 - ogvsg
http://ogvsg.ru/library/publications_vfz/comment_rems_2000.html

⁵ Расчет эффекта многополостных структур (ячеистых структур). В.Ф. Золотарёв, 1987 - ogvsg
http://ogvsg.ru/library/publications_vfz/raschet_effekta_mps_1987.html

⁶ Calculation of the Effect of Many-Cavity Structures (Cell Structures) A.V. Frolov. New Energy Technologies, 2001, N1, s.67-68 - ogvsg

http://ogvsg.ru/library/publications_vfz/calculation_effect_mcs_net_2001_n1.html

⁷ Проявление гармоник волн-де-Бройля в ЭПС. В.Ф. Золотарев. 1985 / ogvsg.

<https://ogvsg.narod.ru/library/lunkina/proyavlenie-garmonik-voln-de-broylya-zolotarev-1985.html>

- общего «пакета» цилиндрических трубок также существуют, но специфика формирования этих точек, тоже реализуемая на основании математической операции «инверсия» требует дополнительного пояснения, чем и займемся в подразделе 1.2.

1.2. Вывод формулы расчета размеров цилиндрической трубки в плоскости поперечного сечения, при которых обеспечивается «фокусировка» в ее центр внешнего отображения точек инверсии волновых максимумов стоячих волн де Бройля формируемых на конкретной гармонике (n)

Материал подраздела 1.2. основан на использовании поясняющего (Рис.1) и приведенного на (стр.2) геометрического описания в нем особенностей поперечного сечения отрезка цилиндрической трубки в плоскости (P).

«Постановка задачи 2» на вывод требуемой математической зависимости.

Так как в соответствии с (Рис.1) внутренняя стенка отрезка цилиндрической трубки в своем поперечном сечении секущей плоскостью (P) имеет две стороны (внешнюю сторону, которая ограничена окружностью (ω_2) с ее радиусом R_2) и внутреннюю сторону, которая ограничена окружностью (ω_3) с радиусом, равным размеру отрезка (O_2O_1), - то на луче (O_2S) относительно внешней стороны поперечного сечения цилиндрической трубки, по направлению (KS) располагается точка (X_{c1}) внешнего отображения инверсии точки волнового максимума (X_m).

А по направлению (O_1O_2), тоже лежащем на луче (O_2S) относительно внутренней стороны поперечного сечения стенки цилиндрической трубки во внутрь полости цилиндрической трубки тоже располагается точка (X_{p1}) внешнего отображения инверсии точки волнового максимума (X_m).

В задаче 2 требуется вывести общую математическую зависимость по подбору толщины внутренней стенки (L) цилиндрической трубки в плоскости ее поперечного сечения (P) по заданному радиусу трубки (R_2) и номеру гармоники (n), когда точка отображения (X_{p1}) инверсии точки волнового максимума (X_m) стоячих волн де Бройля, расположенного в стенке трубки и вычисляемого по зависимости (1) попадает в точку (O_2) центра окружности (ω_2). Задача решается на луче (O_2S).

$$X_m = \frac{L}{2 \cdot (n+1)}, \quad (1)$$

Формула (1) характеризует собой положение волнового максимума от центра (O_1).

Последовательность вывода математической зависимости «Постановки Задачи 2».

1. Зафиксируем обозначения и исходные условия.

Из условия (Рис.1).

R_2 - радиус внешней окружности ω_2 (внешний радиус трубки).

L - толщина стенки трубки. Принимаем $R_1 = L$ - радиус внутренней окружности (ω_1).

$n = 0, 1, 2, \dots$ - номер гармоники волнового максимума стоячих волн де Бройля.

O_1 - центр окружности (ω_1).

O_2 - центр окружности (ω_2).

Расстояние между центрами $O_1 O_2 = R_2 - R_1 = R_2 - L$

Новое условие задачи: точка инверсии (X_{p1}) точки (X_m) относительно окружности (ω_1) должна совпадать с точкой (O_2). То есть $X_{p1} \equiv O_2$.

2. Запишем условие инверсии.

По определению инверсии точки относительно окружности: если точка X_m инвертируется в точку X_{p1} относительно окружности с центром O_1 и радиусом R_1 , то выполняется соотношение (15):

$$O_1 X_m \cdot O_1 X_{p1} = R_1^2, \quad (15)$$

Подставим $R_1 = L$ в зависимость (15) и учтем, что по условию $X_{p1} = O_2$, значит $O_1 X_{p1} = O_1 O_2$. Тогда зависимость (15) записывается в виде равенства (16)

$$O_1 X_m \cdot O_1 O_2 = L^2, \quad (16)$$

3. Подставим известные выражения.

Подставив в зависимость (16) равенства (17) и (18) получаем зависимость (19)

$$O_1 X_m = X_m = \frac{L}{2 \cdot (n+1)}, \quad (17)$$

$$O_1 O_2 = R_2 - L, \quad (18)$$

$$\frac{L}{2(n+1)} \cdot (R_2 - L) = L^2, \quad (19)$$

4. Упростим уравнение (19).

Поскольку $L > 0$ (толщина стенки не может быть нулевой или отрицательной), мы можем разделить обе части уравнения (19) на L :

$$\frac{1}{2(n+1)} \cdot (R_2 - L) = L, \quad (20)$$

Умножим обе части уравнения (20) на $2(n+1)$, чтобы избавиться от знаменателя:

$$R_2 - L = 2 L (n+1), \quad (21)$$

Раскроем скобки в правой части равенства (22)

$$R_2 - L = 2Ln + 2L, \quad (22)$$

Перенесем все слагаемые с L зависимости (22) в правую часть, а R_2 оставим слева:

$$R_2 = 2Ln + 2L + L, \quad (23)$$

Преобразовав зависимость (23) через равенство (24) получаем формулу (25)

$$R_2 = L(2n + 2 + 1), \quad (24)$$

$$R_2 = L(2n + 3) , \quad (25)$$

5. Выразим L .

Из уравнения (25) выражаем искомую толщину стенки L :

$$L = \frac{R_2}{(2n+3)} , \quad (26)$$

Пример практического расчета:

Требуется вычислить толщину стенки L в поперечном сечении цилиндрической трубки (Рис.1) для гармоники $n = 4$ и радиуса трубки $R_2 = 82,5$ мм, при которой точка отображения ($Xp1$) инверсии точки Xm попадает в центр окружности (O_2). Вычислить и привести числовые значения расстояний для отрезков O_2Xm и XmO_1 .

Решение.

Для расчета толщины стенки L воспользуемся зависимостью (26), подставив в нее исходные данные задачи, формула (27)

$$L = \frac{R_2}{(2n+3)} = \frac{82,5}{(2 \cdot 4 + 3)} = \frac{82,5}{(8+3)} = \frac{82,5}{11} = 7,5 \text{ мм}, \quad (27)$$

Ответ: толщина стенки в поперечном сечении цилиндрической трубки составляет значение $L = 7,5$ мм.

Для вычисления отрезка XmO_1 воспользуемся зависимостью (17), подставив в нее вычисленное по формуле (27) значение L и номер гармоники из условия задачи $n = 4$, зависимость (28)

$$XmO_1 = Xm = \frac{L}{2 \cdot (n+1)} = \frac{7,5}{2 \cdot (4+1)} = \frac{7,5}{10} = 0,75 \text{ мм}, \quad (28)$$

Ответ: точка волнового максимума Xm стоячих волн де Бройля на гармонике $n = 4$ находится на расстоянии 0,75 мм от центра O_1 .

Отрезок O_1O_2 вычисляется по зависимости (18). Подставив в нее исходные данные, получаем следующее значение, формула (29)

$$O_1O_2 = R_2 - L = 82,5 - 7,5 = 75 \text{ мм}, \quad (18)$$

Ответ: расстояние между центрами окружностей O_1O_2 равно 75 мм. Иначе говоря, это расстояние характеризует радиус внутренней «пустоты» цилиндрической трубки в ее поперечном сечении.

Итоговый ответ по задаче.

Проведенные расчеты показали, что для отрезка цилиндрической трубки (Рис.1) с размерами в своем поперечном сечении: $R_2 = 82,5$ мм и номера гармоники $n = 4$, для того, чтобы в ее центре (O_2) обеспечивалось совмещение точки отображения ($Xp1$) инверсии точки волнового Xm , который по выполненным расчетам находится на расстоянии $XmO_1 = 0,75$ мм от центра O_1 или иначе говоря 0,75 мм внутрь стенки от ее внутренней стороны, ограниченной окружностью (ω_3) с радиусом, равным размеру отрезка (O_2O_1), - требуемая толщина стенки в поперечном сечении трубки должна строго соответствовать значению: $L = 7,5$ мм, зависимость (27).

1.2.1. Обоснование корректности использования зависимости (26) для расчета характеристик отрезка цилиндрической трубки в ее поперечном сечении как «фокусирующего» устройства, в центре которого сосредоточены отображения (X_{p1}) инверсии волновых максимумов (X_m) стоячих волн де Бройля на конкретной гармонике (n)

«Задача 2» решена для условия одного луча O_2S , (Рис.1), в результате чего получена зависимость (26) по расчету толщины (L) цилиндрической трубки в ее поперечном сечении, где инверсии точки X_m попадает точкой своего отображения (X_{p1}) в центр (O_2) окружности (ω_2).

Утверждение 1:

Поскольку трубка радиально-симметрична, луч O_2S можно повернуть на любой угол, и для каждого такого луча получится та же самая ситуация. Значит все инверсии со всех направлений сходятся точками своих отображений (X_{p1}) в точку (O_2).

Пояснение почему «Утверждение 1» математически корректно.

Для каждого радиального направления (под любым углом) геометрия одинакова:

- O_1 располагается на луче на расстоянии $O_1O_2 = R_2 - L$ от центра O_2 .
- Радиус инверсии $R_1 = L$
- Точка X_m находится на луче на расстоянии $X_m = \frac{L}{2 \cdot (n+1)}$ от O_1
- Формула (26) $L = \frac{R_2}{(2n+3)}$ выведена без привязки к какому-либо углу, она зависит только от радиуса (R_2) и номера гармоники (n).

Поскольку формула (26) не содержит угла, она одновременно справедлива для всех радиальных направлений.

Пояснение что происходит при повороте луча.

При повороте луча O_2S на любой угол вокруг центра O_2 :

- Точка O_1 смещается на новое положение на внутренней поверхности трубки
- но всегда на расстоянии $R_2 - L$.

Проверка:

$$2 \cdot L \cdot (n + 1) = \frac{2 \cdot R_2 \cdot (n+1)}{(2n+3)} \text{ и } R_2 - L = \frac{R_2 \cdot (2n+2)}{(2n+3)} = \frac{2 \cdot R_2 \cdot (n+1)}{(2n+3)}$$

Эти выражения равны. Значит $X_{p1} = O_2$ для каждого направления.

Геометрическая картина.

Представим это наглядно:

- Точки X_m со всех радиальных направлений образуют окружность радиуса $\frac{L}{2 \cdot (n+1)}$ с центром, смещенным вдоль каждого луча к O_2 от соответствующей точки O_1 .
- Инверсия каждой такой точки X_m через окружность радиуса L с центром в соответствующей точке O_1 дает точку O_2 .

- Поскольку это работает для каждого направления, все инверсии сходятся в одну точку O_2 .

Физическая интерпретация.

На основании выше приведенного обоснования можно утверждать, что кольцо стенки трубки при толщине $L = \frac{R_2}{(2n+3)}$, зависимость (26), работает как фокусирующее устройство:

- Каждый радиальный волновой максимум X_m инвертируется через локальную окружности инверсии (центр O_1 на внутренней поверхности радиуса L).

- Все инверсии фокусируются в центре O_2 .

- Это справедливо для всего кольца - для всех 360 градусов.

Важное уточнение.

Инверсия для каждого направления осуществляется через свою окружность (ω_1), (Рис.1) с центром O_1 , который находится на внутренней поверхности трубки именно в этом направлении. Это не одна фиксированная окружность, а семейство окружностей, по одной на каждое радиальное направление. Но благодаря радиальной симметрии трубки все они имеют одинаковый радиус L и одинаково удалены от O_2 , поэтому все инверсии сходятся именно в O_2 .

Таким образом, при толщине стенки $L = \frac{R_2}{(2n+3)}$ центр O_2 является точкой фокуса, в которой сходятся инверсии точек волнового максимума X_m со всех радиальных направлений. Кольцо стенки трубки работает как фокусирующее устройство и это заключение следует из радиальной симметрии задачи.

Краткое обобщение материала подраздела 1.2

1. В подразделе 1.2 была получена математическая зависимость (26) позволяющая подбирать по ней толщину внутренней стенки L цилиндрической трубки в ее поперечном сечении для заданного радиуса трубки R_2 и номера гармоники (n) волнового максимума (X_m) стоячих волн де Бройля, при которой кольцо стенки трубки с его толщиной $L = \frac{R_2}{(2n+3)}$ работает как фокусирующее устройство и центр трубки O_2 является точкой фокуса, в которой сходятся точки (X_{p1}) внешнего отображения инверсии точек волнового максимума X_m со всех радиальных направлений.

Эта математическая зависимость (26) дает возможность вычислять и на практике конструировать много кольцевые фокусирующие системы, имеющие общий совмещенный центр фокуса, работающие на соответствующих гармониках (n) и имеющие в плоскости поперечного сечения их трубок различные диаметры и согласованные толщины стенок (L).

2. В подразделе 1.2. была решена геометрическая задача применительно к условию, когда фокусировка осуществляется внутрь единичной трубки в плоскости ее поперечного сечения, но не рассматривалась задача одновременного нахождения

для этого условия (26) точек отображения (X_{c1}) во внешнюю сторону цилиндрической трубки, за окружностью (ω_2) с радиусом R_2 . Это нужно для того, чтобы анализировать специфику условий по распределению и совмещению точек (X_{p1}) и (X_{c1}) в поперечных сечениях многополостных трубчатых систем.

3. Существенным недостатком зависимости (26) является отсутствие в ней чувствительности к материалу изготовления трубки и непосредственному учету в этой зависимости постоянной Планка и расчетных значений связанных с конкретным материалом волн де Бройля.

4. Фокусировку отображений (X_{p1}) в точку (O_2) по зависимости (26) вдоль всей длины (Z) отрезка цилиндрической трубки, следует рассматривать как результат общего расположения вдоль внутренней оси продольной симметрии цилиндрической трубки (от ее начала до конца) последовательностей всех точек O_2 , совпадающих с отображениями (X_{p1}) от всех поперечных сечений трубки.

5. При использовании формулы (11) для расчета числовых значений дальности расположения пучностей внешнего отображения (X_{nm}) инверсии волновых максимумов стоячих волн де Бройля не в плоскости поперечного сечения (P) цилиндрических трубок «пакета» многополостных структур, а вдоль их продольных осей, - требуется в качестве исходных данных длины (L) использовать согласованную длину (Z) цилиндрической трубки, поперечные размеры которой вычислялись по зависимости (26). Такая специфика поясняется следующей особенностью:

Так как вдоль продольных осей каждой из «пакета» цилиндрических трубок расположены точки фокусировки значений (X_{p1}) от множества поперечных сечений в каждой цилиндрической трубке, - то согласованная длина трубки (Z) принимается в соответствии с (Рис.1) за условный радиус (R_1) условной окружности (ω_1). Поэтому в зависимости (11) физический смысл символа (L), при измерении или расчетах дальностей (X_{nm}) по направлению продольных осей трубчатых многополостных структур, - это не длина окружности каждой из них а согласованная с поперечными размерами трубки ее продольная длина (Z).

На этом пока все.