

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

**РАЗВЕРТКА ЛИСТОВ ОБШИВКИ
КОРПУСА СУДНА
МЕТОДОМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

**Методические указания
к выполнению практической работы**

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 629.5.012(076.5)

ББК 39.42-02я73

P17

Р е ц е н з е н т:

Т.Л. Чемакина - канд. техн. наук, доцент
кафедры «Океанотехника и кораблестроение»

Составители: Г.В. Лекарев, К.В. Перепадя, В.В. Жибоедов

P17 Развертка листов обшивки корпуса судна методом геодезических линий : методические указания к выполнению практической работы / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Океанотехника и кораблестроение» ; сост. Г.В. Лекарев, К.В. Перепадя, В.В. Жибоедов. – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2021. – 27 с.: ил. – Текст : электронный.

Целью методических указаний является оказание помощи обучающимся в выполнении и оформлении практической работ по построению развертки листов обшивки корпуса судна для последующего определения истинных размеров листовых деталей обшивки корпуса. Методика расчета составлена на основании действующих нормативно-технических документов и может быть использована для практических расчетов

УДК 629.5.012(076.5)

ББК 39.42-02я73

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Океанотехника и кораблестроение» Морского института ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», в качестве методических указаний к выполнению практических работ для обучающихся по дисциплине «Технология постройки судов и объектов океанотехники» специальности 26.05.01 – Проектирование и постройка кораблей, судов и объектов океанотехники всех форм обучения, протокол № 4 от 15 марта 2021 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Цель работы	5
2. Общие положения	6
3. Постановка задачи.....	7
4. Порядок построения развёртки.....	9
4.1. Построение геодезической линии	9
4.2. Построение растяжек длин геодезической линии, верхнего и нижнего пазов	13
4.3. Построение развертки.....	16
4.4. Проверка правильности построения развёртки	22
4.5. Построение растяжек следов первой и второй диагоналей:	25
4.6. Вычисление погрешностей длин растяжек следов диагоналей	26
Библиографический список.....	27

ВВЕДЕНИЕ

В практической работе требуется выполнить развёртку судовой поверхности на плоскость. В основном на судостроительных предприятиях производят развёртку деталей конструкций продольного направления – наружной обшивки, настила второго дна, верхней палубы, продольных переборок, патрубков и различных кожухов сложной формы. Наиболее сложными являются развёртки листов наружной обшивки корпуса судна. Обводы наружной обшивки имеют разнообразную кривизну в поперечном и продольном направлениях. Следовательно, листы наружного корпуса также имеют разнообразную кривизну обводов и почти всегда веерообразны. Поэтому развёртка листов наружной обшивки всегда будет приближённой, но достаточно точной для изготовления деталей корпуса.

Существуют ряд способов развёрток листов. Все они являются приближёнными, имеют большие или меньшие погрешности, но удовлетворяющими требованиям, предъявляемым к изготовлению деталей корпусных конструкций.

В данной работе мы рассмотрим графоаналитический способ развёртки обшивки, а именно метод *геодезических линий*. Процесс развёртывания состоит из комплекса замеров и построений на плазовом корпусе, определение в табличной форме координат геодезической линии (строевой), построение развёртки и корректировки развёртки с учётом пластических деформаций, которые появляются в процессе гибки листа.

Практическая работа рассчитана на 10 академических часов.

1. Цель работы

1. Изучить графоаналитический способ развёртки листов наружной обшивки корпуса судна методом геодезических линий.
2. Приобрести практические навыки выполнения работ по разворачиванию листов наружной обшивки.

2. Общие положения

Метод геодезических линий, относится к методам, в котором развёртывание листов производится относительно строевой, представляющей собой проведенную на проекции теоретического чертежа «КОРПУС» линию, пересекающую определённое число шпангоутов на развёртываемом листе.

В рассматриваемом методе в качестве строевой принимается **геодезическая линия (ГЛ)**. Геодезической называется линия, соприкасающаяся плоскость которой в любой точке линии перпендикулярна к касательной плоскости этой поверхности в этой же точке. **Соприкасающейся плоскостью пространственной кривой** – называется плоскость, проходящая через три бесконечно близкие точки этой линии. ГЛ соединяет точки криволинейной поверхности в заданном направлении по кратчайшему расстоянию. На каждой поверхности через любую точку в любом направлении можно провести ГЛ. Для уменьшения погрешности ГЛ проводится от среднего шпангоута разворачиваемого листа к носу и к корме. В качестве начальной точки ГЛ принимается точка максимальной выпуклости среднего шпангоута. При спрямлении развёртываемой поверхности на плоскость ГЛ становится прямой.

3. Постановка задачи

На предложенной проекции «КОРПУС» чертежа практических шпангоутов судна (рис. 3.1) заданы контуры развёртываемого листа **ABCD**: **AB** – верхний паз; **CD** – нижний паз; **AC** и **BD** – носовой и кормовой стыки. Носовой стык **AC** совпадает с частью следа первого шпангоута, кормовой стык **BD** – с частью следа девятого шпангоута. Следы 2 - 8 шпангоутов пересекают развёртываемый лист от нижнего к верхнему пазу.

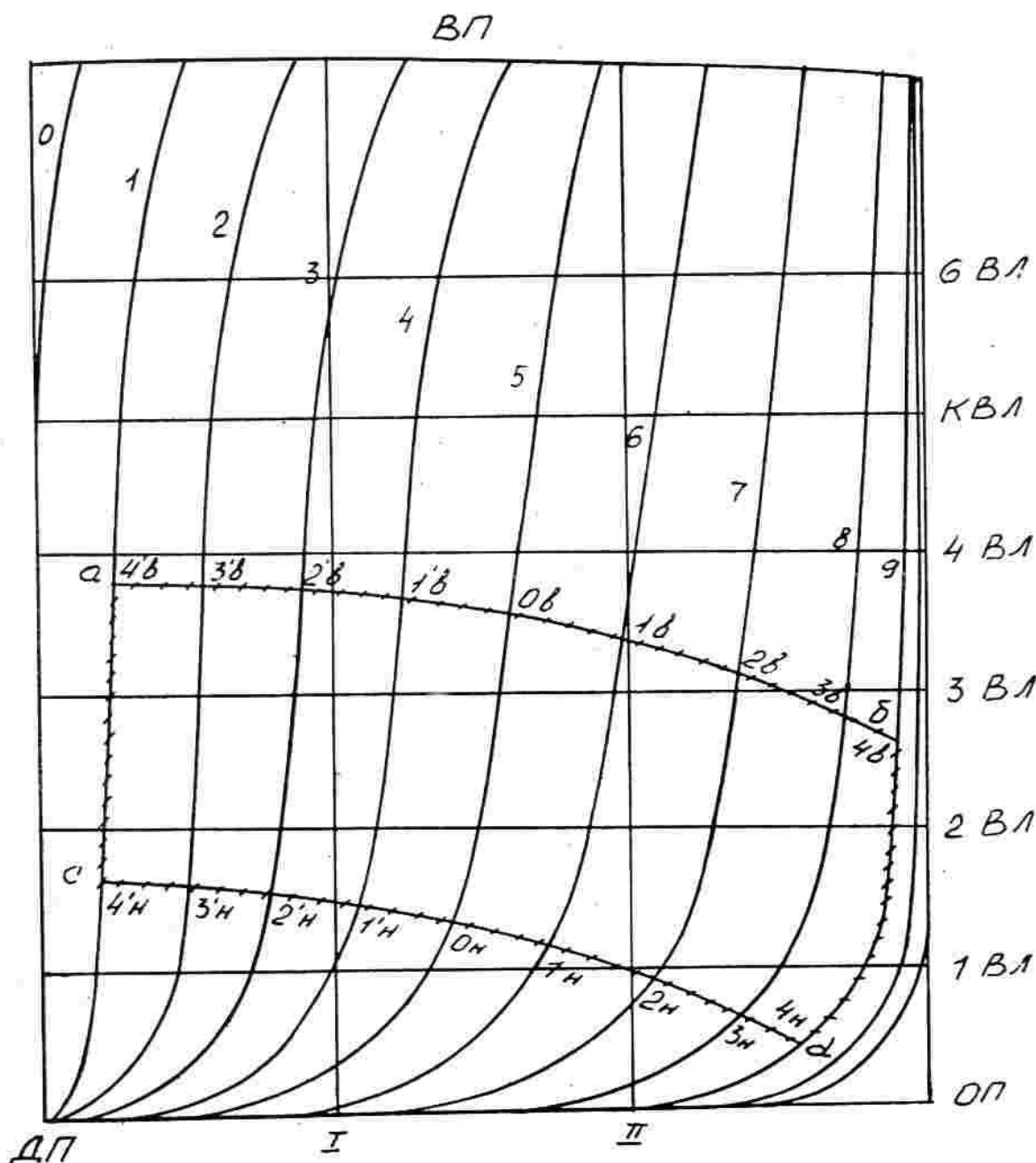


Рис. 3.1. Чертёж практического корпуса судна

Прежде, чем приступить к выполнению развертки, необходимо определить местоположение на листе среднего (нулевого) шпангоута и произвести перенумерацию остальных шпангоутов. Местоположение срединного шпангоута выбираем так, чтобы равное количество шпаций отделяло этот шпангоут от носового и кормового стыков. Если число шпангоутов чётное, то в пределах разворачиваемого листа пробиваются дополнительные (полуторные) шпангоуты, после чего находят срединный шпангоут. В качестве нулевого принимаем след 5-го шпангоута. Точки пересечения следа 5-го шпангоута с верхним и нижним пазами обозначим соответственно – O_v и O_n .

Вправо от нулевого шпангоута точкам пересечения 6, 7, 8, 9 шпангоутов с верхним и нижним пазами присваиваем обозначения 1_v ; 2_v ; 3_v ; 4_v и 1_n ; 2_n ; 3_n ; 4_n соответственно. Влево от нулевого шпангоута точкам пересечения 4, 3, 2, 1 шпангоутов с верхним и нижним пазами присваиваем обозначения $1'_v$; $2'_v$; $3'_v$; $4'_v$ и $1'_n$; $2'_n$; $3'_n$; $4'_n$ соответственно.

4. Порядок построения развёртки

Для удобства работы разворачиваемый лист **ABCD** наружной обшивки изображён отдельно на рис. 4.1. Построение развёртки листа обшивки будем осуществлять поэтапно.

4.1. Построение геодезической линии

4.1.1. Порядок построения главной нормали $N'N$ к нулевому шпангоуту (см. рис. 4.1):

- проводим хорду нулевого шпангоута ($O_B O_H$);
- параллельно хорде проводим касательную $t_B t_H$ к нулевому шпангоуту и отмечаем точку касания **М**;
- перпендикулярно касательной $t_B t_H$ через точку **М** проводим главную нормаль к нулевому шпангоуту $N'N$;
- отмечаем точки пересечения **D', C', B', A', A, B, C, D** главной нормали $N'N$ со шпангоутами. Также отмечаем точку **К** пересечения главной нормали $N'N$ и хорды нулевого шпангоута.

4.1.2. Порядок определения углов φ_i между главной нормалью и нормалью к i -му шпангоуту (см. рис. 4.1):

- через точки пересечения **D', C', B', A', A, B, C, D** главной нормали $N'N$ и следов всех шпангоутов (кроме нулевого) проводим касательные к этим шпангоутам: $t_{4B}'t_{4H}'$, $t_{3B}'t_{3H}'$, $t_{2B}'t_{2H}'$, $t_{1B}'t_{1H}'$, $t_{1B}t_{1H}$, $t_{2B}t_{2H}$, $t_{3B}t_{3H}$, $t_{4B}t_{4H}$ соответственно;
- из точек **D', C', B', A', A, B, C, D** строим перпендикуляры **D'N'₄, C'N'₃, B'N'₂, A'N'₁, AN₁, BN₂, CN₃, DN₄** к касательным. Эти перпендикуляры являются нормальями к **4', 3', 2', 1', 1, 2, 3, 4** шпангоутам;
- измеряем углы $\varphi'_4, \varphi'_3, \varphi'_2, \varphi'_1, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ между нормальями к **4', 3', 2', 1', 1, 2, 3, 4** шпангоутам и главной нормалью $N'N$. Углы $\varphi'_4, \varphi'_3, \varphi'_2, \varphi'_1, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ должны быть выражены в радианах.

4.1.3. Последовательность замера прогрессов вдоль главной нормали

Прогресс – расстояние между точками пересечения указанной линии со шпангоутами на проекции «КОРПУС» измеренное либо по дуге, либо по прямой, в зависимости от конфигурации указанной линии.

Замеряются прогрессы вдоль главной нормали: $\Pi'_4 = D'C'$, $\Pi'_3 = C'B'$, $\Pi'_2 = B'A'$, $\Pi'_1 = A'M$, $\Pi_1 = MA$, $\Pi_2 = AB$, $\Pi_3 = BC$, $\Pi_4 = CD$. Замеры прогрессов и все дальнейшие замеры обычно производятся в миллиметрах.

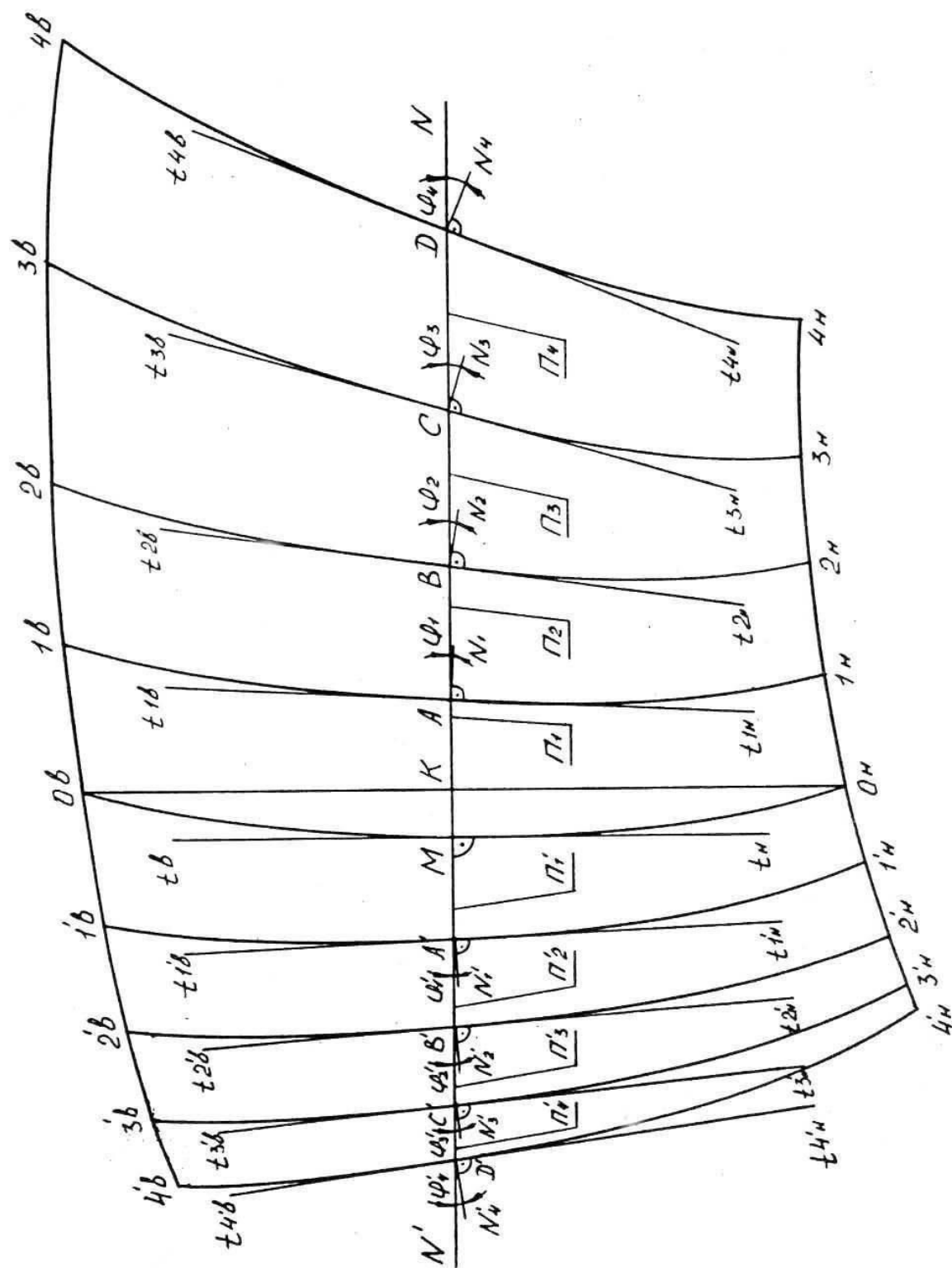


Рис. 4.1.1. Построение главной нормали и углов

4.1.4. Вычисление величин отклонений Δ_n точек геодезической линии

Вычисление величин Δ_n – отклонений точек геодезической линии, от главной нормали $\mathbf{N}'\mathbf{N}$ на каждом шпангоуте, производится в соответствии с выражениями (4.1) и (4.2):

$$\Delta_n = \sum_{i=1}^{n-1} [(n-i) \cdot (|\Pi_{i+1} - \Pi_i|) \cdot \varphi_i] ; \quad (4.1)$$

$$\Delta'_n = \sum_{i=1}^{n-1} [(n-i) \cdot (|\Pi'_{i+1} - \Pi'_i|) \cdot \varphi'_i] , \quad (4.2)$$

где n – номер шпангоута, на котором вычисляется величина отклонения Δ_n или Δ'_n геодезической линии от главной нормали, $i = 1, 2, \dots, (n-1)$;

Π_i – прогресс, измеренный вдоль главной нормали между i -м и $(i+1)$ -м шпангоутами;

φ_i – угол между нормалью к i -му шпангоуту и главной нормалью.

Выражения (4.1) и (4.2) имеют $(n-1)$ слагаемых, следовательно, при $n \leq 1$, отклонения геодезической линии на шпангоутах $0, 1, 1'$ будут равны нулю, то есть: $\Delta_0 = 0, \Delta_1 = \Delta'_1 = 0$.

Очевидно, что при $n=2$ выражения (4.1) и (4.2) будут состоять из одного слагаемого, при $n=3$ – из двух слагаемых и так далее:

$$\Delta_2 = 1 \cdot (|\Pi_2 - \Pi_1|) \cdot \varphi_1;$$

$$\Delta_3 = 2 \cdot (|\Pi_2 - \Pi_1|) \cdot \varphi_1 + 1 \cdot (|\Pi_3 - \Pi_2|) \cdot \varphi_2;$$

$$\Delta_4 = 3 \cdot (|\Pi_2 - \Pi_1|) \cdot \varphi_1 + 2 \cdot (|\Pi_3 - \Pi_2|) \cdot \varphi_2 + 1 \cdot (|\Pi_4 - \Pi_3|) \cdot \varphi_3;$$

$$\Delta'_2 = 1 \cdot (|\Pi'_2 - \Pi'_1|) \cdot \varphi'_1;$$

$$\Delta'_3 = 2 \cdot (|\Pi'_2 - \Pi'_1|) \cdot \varphi'_1 + 1 \cdot (|\Pi'_3 - \Pi'_2|) \cdot \varphi'_2;$$

$$\Delta'_4 = 3 \cdot (|\Pi'_2 - \Pi'_1|) \cdot \varphi'_1 + 2 \cdot (|\Pi'_3 - \Pi'_2|) \cdot \varphi'_2 + 1 \cdot (|\Pi'_4 - \Pi'_3|) \cdot \varphi'_3.$$

4.1.5. Построение геодезической линии

На участке между шпангоутами $1'$ и 1 (точка $\mathbf{A}'$ и $\mathbf{A}$) геодезическая линия совпадает с главной нормалью $\mathbf{N}'\mathbf{N}$ (рис. 4.2, 4.3). При построении левой и правой ветвей геодезической линии следует руководствоваться приведенным ниже и проиллюстрированным на рис. 4.2. правилом:

– если прогрессы на главной нормали $\mathbf{N}'\mathbf{N}$ возрастают от нулевого (точка $\mathbf{M}$) к крайнему шпангоуту ($\Pi'_1 < \dots < \Pi'_{n-1} < \Pi'_n$), то ветвь геодезической линии будет отклоняться от главной нормали $\mathbf{N}'\mathbf{N}$ в сторону уменьшения прогрессов:

$$T'_1 > \Pi'_1 > S'_1; \dots; T'_{n-1} > \Pi'_{n-1} > S'_{n-1}; T'_n > \Pi'_n > S'_n.$$

– если прогрессы на главной нормали $\mathbf{N}'\mathbf{N}$ убывают от нулевого (точка $\mathbf{M}$) к крайнему шпангоуту ($\Pi_1 > \dots > \Pi_{n-1} > \Pi_n$), то ветвь геодезической

нии будет отклоняться от главной нормали $N'N$ в сторону увеличения прогрессов:

$$S_1 < \Pi_1 < T_1; \dots; S_{n-1} < \Pi_{n-1} < T_{n-1}; S_n < \Pi_n < T_n.$$

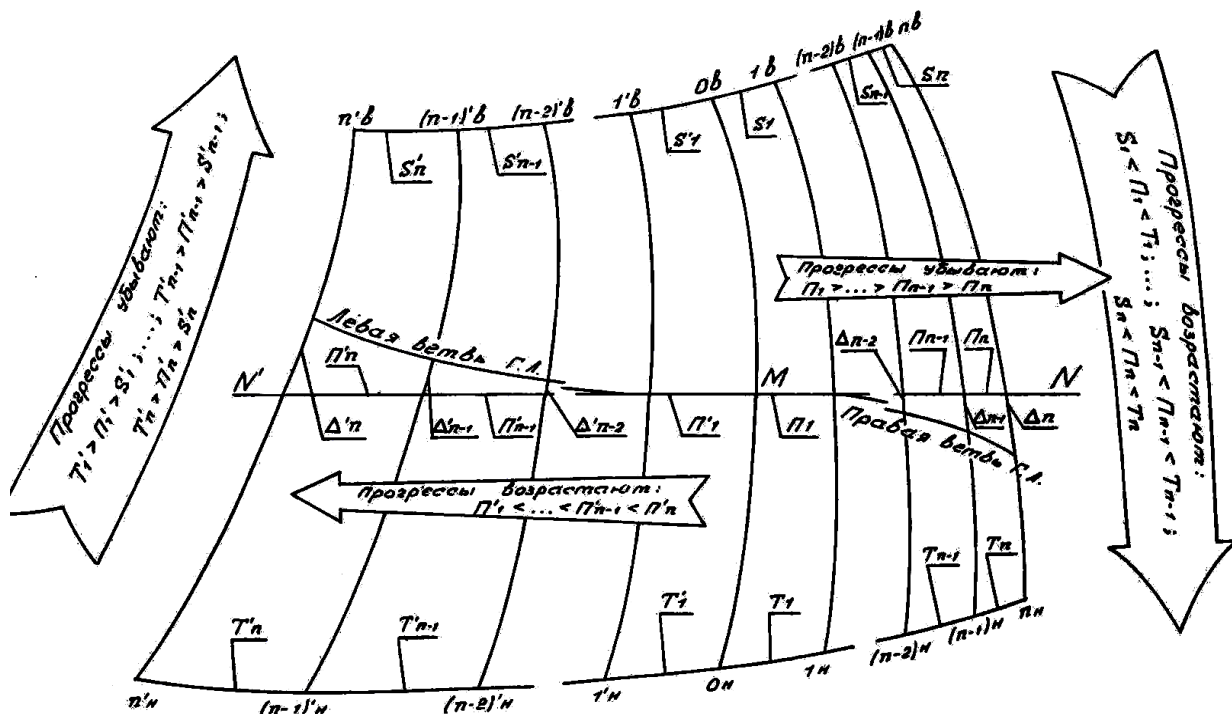


Рис. 4.2. Правило построения геодезической линии

В некоторых случаях изменение прогресса очень мало, поэтому кривую заменяют прямой. Для оценки кривизны геодезической линии на плазовом корпусе выполняют следующие построения:

1. От точки пересечения предпоследнего следа шпангоута с главной нормалью NN' к начальному в точке C (см. рис. 4.3) откладывают отрезок $CG = \Pi_1$;
2. Из точки G проводят отрезок $ГД$ параллельно нормали к предпоследнему шпангоуту $ЗвЗн$;
3. Отрезок $ЖД$, заключённый между этой линией и нормалью к начальному шпангоуту является мерой искривлённости геодезической линии.

Если $ЖД \leq 2 \text{ мм}$ то за геодезическую линию можно принять нормаль к среднему шпангоуту.

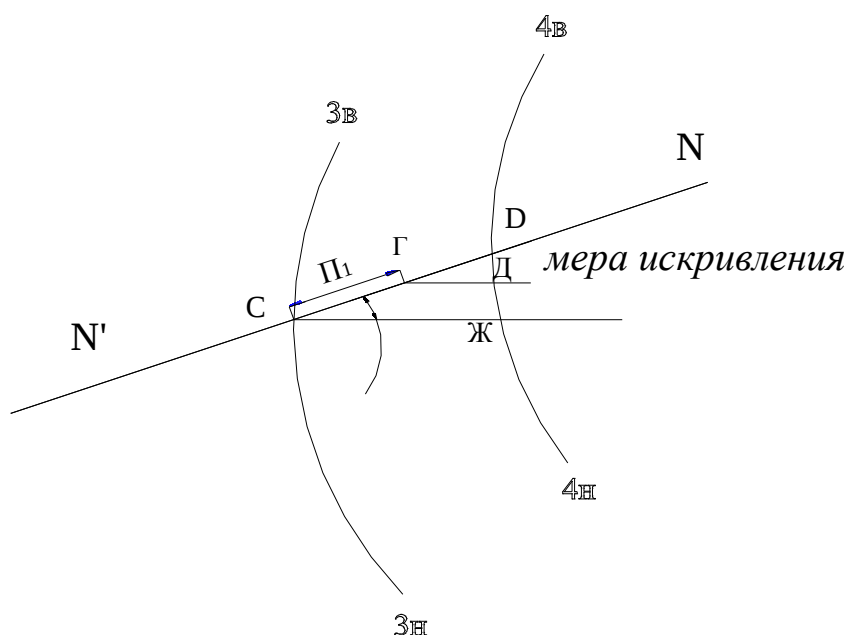


Рис. 4.3. Оценка кривизны геодезической линии

На каждом шпангоуте, номер которого совпадает с номером текущего отклонения Δ_n , от нормали $N'N$ откладываем величины этих отклонений и отмечаем точки, через которые проходит геодезическая линия (рис. 4.4).

Из рис. 4.4 видно, что геодезическая линия проходит через точки $D'_1, C'_1, B'_1, A'_1, M, A_1, B_1, C_1, D_1$, которые образуют дуги: $\Delta'_4 = D'D'_1$; $\Delta'_3 = C'C'_1$; $\Delta'_2 = B'B'_1$; $\Delta_2 = BB_1$; $\Delta_3 = CC_1$; $\Delta_4 = DD_1$.

4.2. Построение растяжек длин геодезической линии, верхнего и нижнего пазов

4.2.1. Растяжка длины геодезической линии:

- определим значения прогрессов геодезической линии (см. рис. 4.4):
 $P'_4 = D'_1C'_1$; $P'_3 = C'_1B'_1$; $P'_2 = B'_1A'_1$; $P'_1 = A'_1M$;
 $P_1 = MA_1$; $P_2 = A_1B_1$; $P_3 = B_1C_1$; $P_4 = C_1D_1$.
- на отрезке горизонтальной прямой (рис. 4.5) откладываем необходимое число шпаций a (в практической работе принимаем $a = 15 \text{ мм}$);
- из точки **3** восстановим перпендикуляр длиной P_4 ;
- из точки **2** восстановим перпендикуляр длиной $P_4 + P_3$;
- из точки **1** восстановим перпендикуляр длиной $P_4 + P_3 + P_2$ и т.д.

Очевидно, что из точки **4'** восстанавливаем перпендикуляр длиной $P_4 + P_3 + P_2 + P_1 + P'_1 + P'_2 + P'_3 + P'_4$

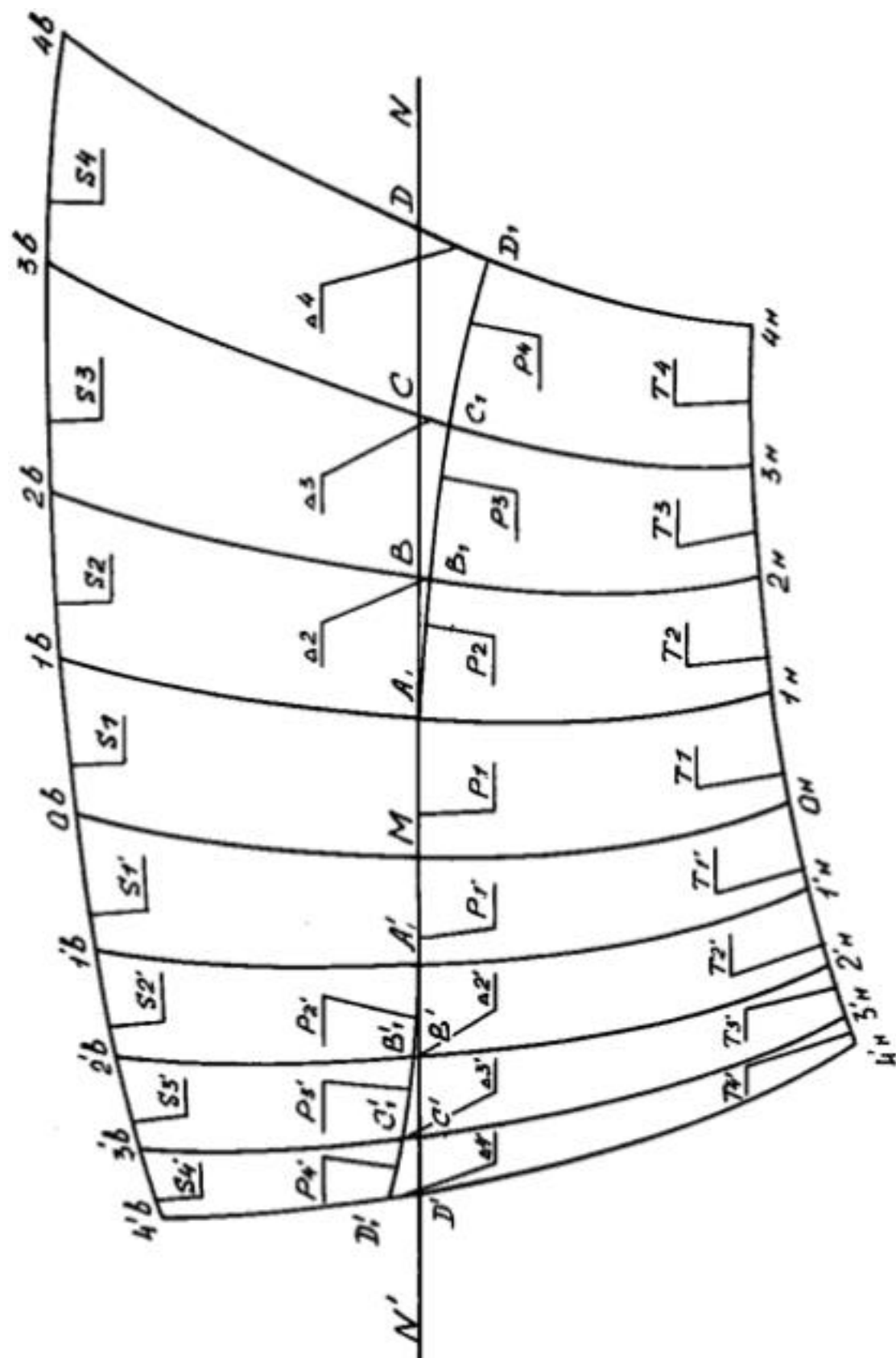


Рис. 4.4. Построение геодезической линии

Через полученные точки $g'_4, g'_3, g'_2, g'_1, g_0, g_1, g_2, g_3, g_4$ проводится плавная кривая, которая является растяжкой геодезической линии (точка g_4 совпадает с отметкой 4 шпангоута).

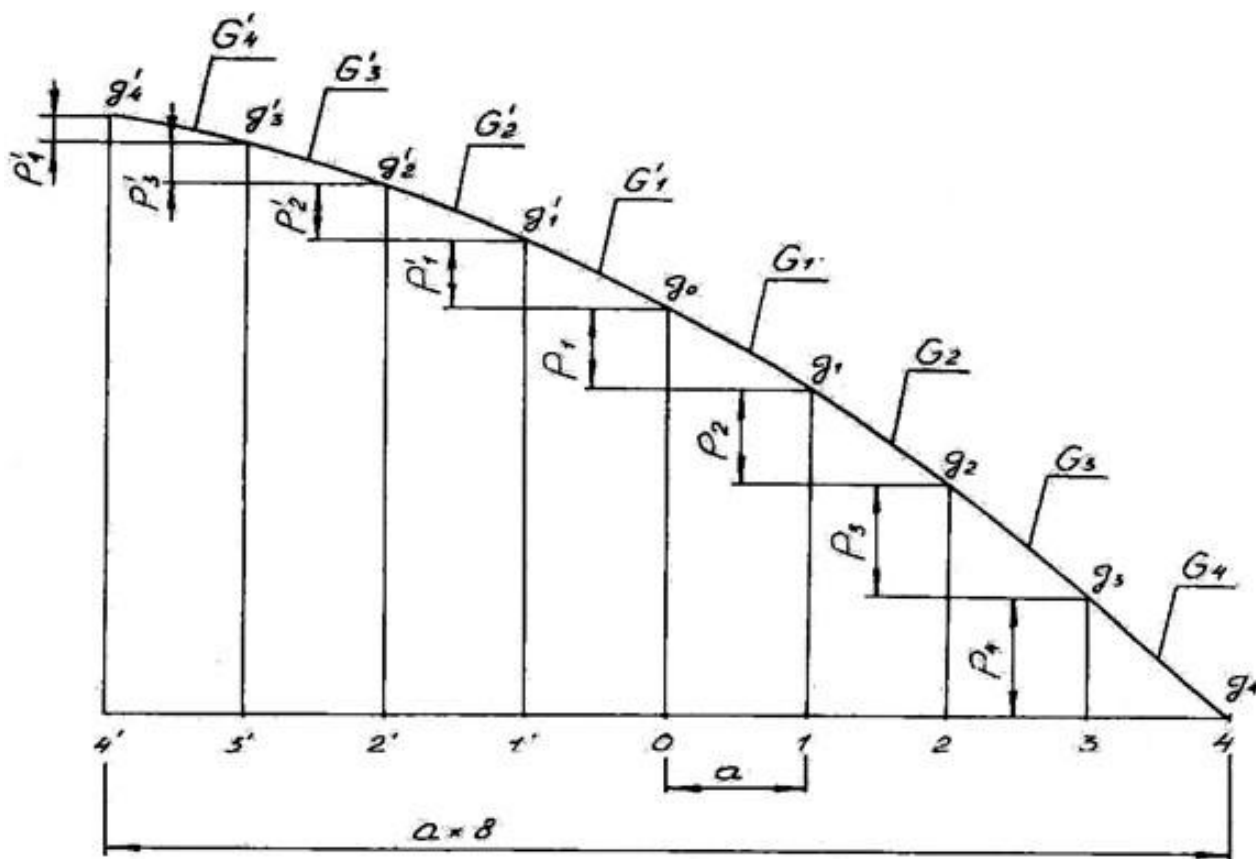


Рис. 4.5. Растяжка длины геодезической линии

4.2.2. Растяжка длины верхнего паза (рис. 4.6):

Определяем значения прогрессов верхнего паза:

$$S'_4 = 4'_B 3'_B; S'_3 = 3'_B 2'_B; S'_2 = 2'_B 1'_B; S'_1 = 1'_B 0_B;$$

$$S_1 = 0_B 1_B; S_2 = 1_B 2_B; S_3 = 2_B 3_B; S_4 = 3_B 4_B.$$

Построение проводится аналогично тому, что описано в подпункте 4.2.1 только по точкам $f'_4, f'_3, f'_2, f'_1, f_0, f_1, f_2, f_3, f_4$ строится растяжка верхнего паза.

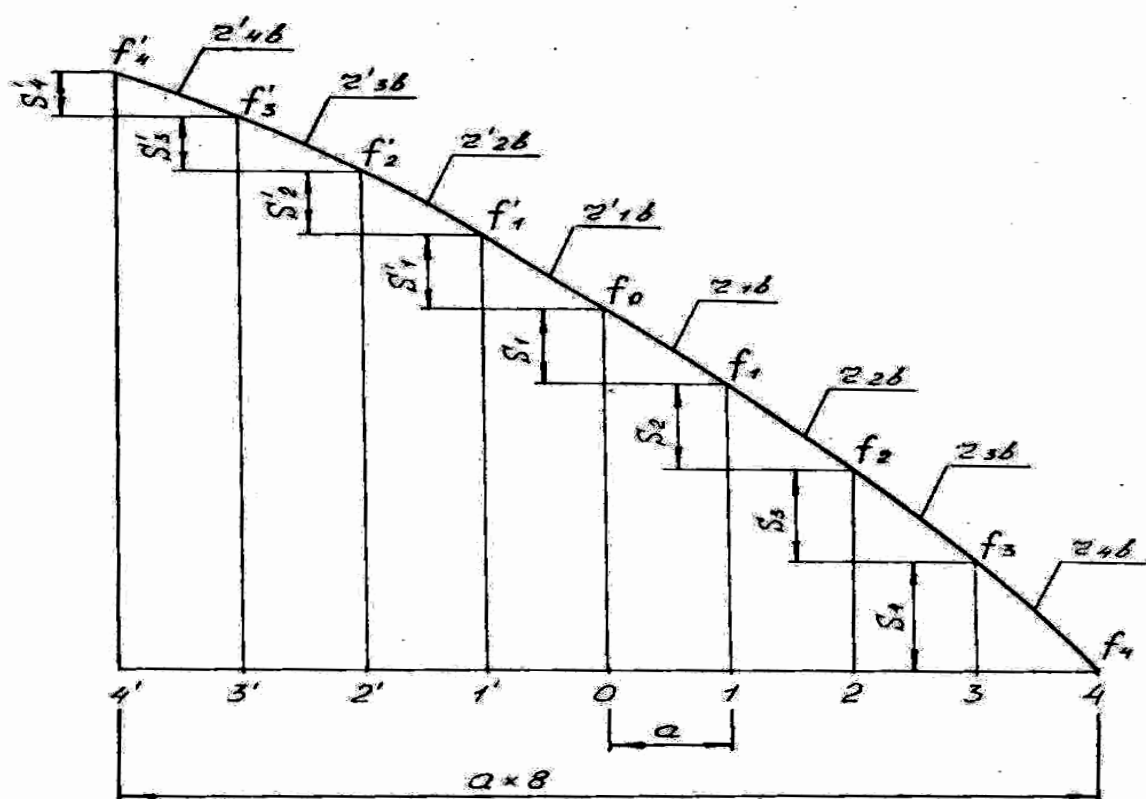


Рис. 4.6. Растяжка длины верхнего паза

4.2.3. Растяжка длины нижнего паза (рис. 4.7):

Определяем значения прогрессов нижнего паза:

$$T'_4 = 4'_H 3'_H; T'_3 = 3'_H 2'_H; T'_2 = 2'_H 1'_H; T'_1 = 1'_H 0_H;$$

$$T_1 = 0_H 1_H; T_2 = 1_H 2_H; T_3 = 2_H 3_H; T_4 = 3_H 4_H.$$

Построение проводится аналогично тому, что описано в подпункте 4.2.1 только по точкам $q'_4, q'_3, q'_2, q'_1, q_0, q_1, q_2, q_3, q_4$ строим растяжку нижнего паза.

4.3. Построение развертки

4.3.1. Определение начальных отклонений от вертикальной оси нулевого шпангоута на верхнем Y_B и нижнем Y_H пазях

Рассчитываем по формулам

$$Y_B = \frac{m \cdot (S'_1 + S_1)}{\sqrt{4 \cdot a^2 + (S'_1 + S_1)^2}}, \quad (4.3)$$

$$Y_H = \frac{m \cdot (T'_1 + T_1)}{\sqrt{4 \cdot a^2 + (T'_1 + T_1)^2}}, \quad (4.4)$$

где $m = MK$ – расстояние по главной нормали от точки касания M до точки K пересечения хорды нулевого шпангоута с главной нормалью; a – шпация в масштабе теоретического чертежа, мм.

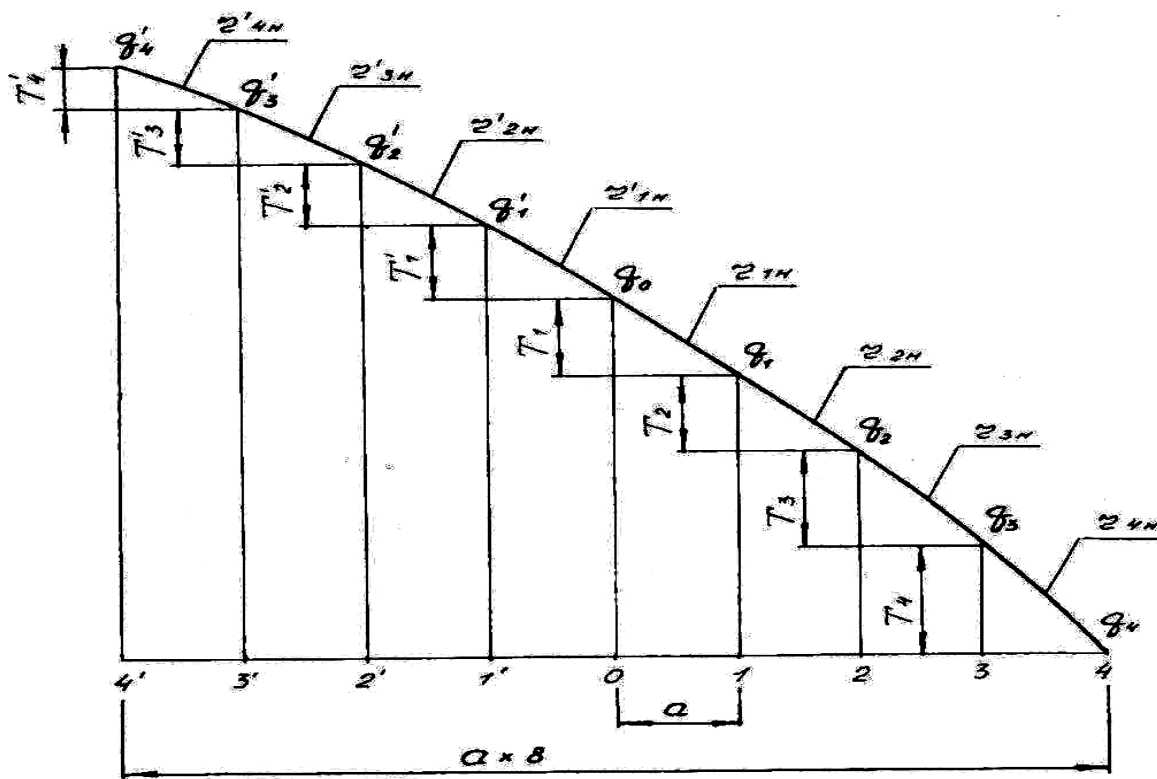


Рис. 4.7. Растяжка длины нижнего паз

4.3.2. Определение величин шпаций для развёртки

Значения величин шпаций для развёртки снимаются с растяжки геодезической линии (см. рис. 4.5) то есть

$$G_1 = g_0 g_1; G_2 = g_1 g_2; G_3 = g_2 g_3; G_4 = g_3 g_4;$$

$$G'_1 = g'_0 g'_1; G'_2 = g'_1 g'_2; G'_3 = g'_2 g'_3; G'_4 = g'_3 g'_4.$$

4.3.3. Определение радиусов дуг, образующих верхний паз развёртки

Из рис. 4.8 получаем значения величин радиусов образующих верхний паз, как длины соответствующих дуг:

$$R_{0B} = M0_B; R_{1B} = A_1 1_B; R_{2B} = B_1 2_B; R_{3B} = C_1 3_B; R_{4B} = D_1 4_B;$$

$$R'_{1B} = A'_1 1'_B; R'_{2B} = B'_1 2'_B; R'_{3B} = C'_1 3'_B; R'_{4B} = D'_1 4'_B.$$

4.3.4. Определение радиусов дуг, образующих нижний паз развёртки

Из рис. 4.8 получаем значения величин радиусов образующих нижний паз, как длины соответствующих дуг:

$$R_{0H} = M0_H; R_{1H} = A_11_H; R_{2H} = B_12_H; R_{3H} = C_13_H; R_{4H} = D_14_H;$$

$$R'_{1H} = A'_11'_H; R'_{2H} = B'_12'_H; R'_{3H} = C'_13'_H; R'_{4H} = D'_14'_H.$$

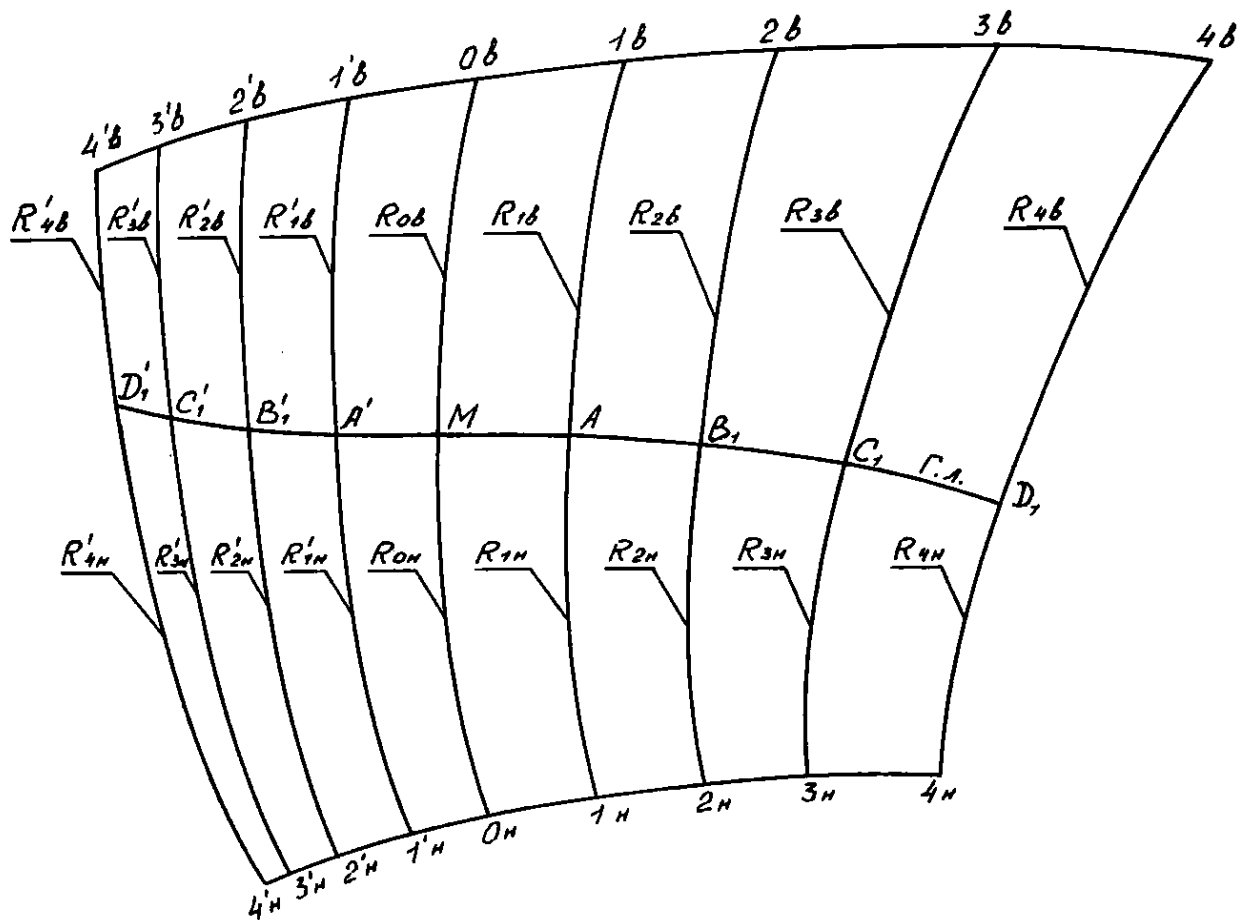


Рис. 4.8. Определение радиусов дуг, образующих верхний и нижний пазы развёртки

4.3.5. Определение радиусов дуг, пересекающих дуги, образующие верхний паз

Определяем радиусы дуг, пересекающих дуги, образующие верхний паз из рис. 4.6:

$$r_{1B} = f_0f_1; r_{2B} = f_1f_2; r_{3B} = f_2f_3; r_{4B} = f_3f_4;$$

$$r'_{1B} = f'_0f'_1; r'_{2B} = f'_1f'_2; r'_{3B} = f'_2f'_3; r'_{4B} = f'_3f'_4.$$

4.3.6. Определение радиусов дуг, пересекающих дуги, образующие нижний паз

Определяем радиусы дуг, пересекающих дуги, образующие нижний паз из рис. 4.7:

$$r_{1H} = q_0q_1; r_{2H} = q_1q_2; r_{3H} = q_2q_3; r_{4H} = q_3q_4;$$

$$r'_{1H} = q'_0q'_1; r'_{2H} = q'_1q'_2; r'_{3H} = q'_2q'_3; r'_{4H} = q'_3q'_4.$$

4.3.7. Построение строевой линии развёртки

Проводим горизонтальную прямую, на которую переносим соответствующие точки с растяжки геодезической линии (см. п. 4.3.2).

Вновь полученные точки, соответствующие своим номерам шпангоутов, отмечаем: $4'_{ш}; 3'_{ш}; 2'_{ш}; 1'_{ш}; 0_{ш}; 1_{ш}; 2_{ш}; 3_{ш}; 4_{ш}$ как показано на рис. 4.9.

4.3.8. Построение опорных точек развёртки

Через точку $0_{ш}$ проводим перпендикуляр st к строевой линии.

Построение опорных точек верхнего паза развёртки:

- радиусом $R_{0в}$ из точки $0_{ш}$ проводим дугу окружности над строевой линией;

- отмечаем точку F'_0 - пресечение перпендикуляра st и дуги окружности радиуса $R_{0в}$;

- по этой дуге от точки F'_0 откладываем величину $Y_в$ и отмечаем точку F_0 (если выпуклость шпангоута находится слева, то откладываем величину $Y_в$ от перпендикуляра вправо; если выпуклость шпангоута находится справа, то откладываем величину $Y_в$ от перпендикуляра влево);

- из точки F_0 радиусом $r_{1в}$ проводим дугу до пересечения с дугой радиуса $R_{1в}$, проведенной из точки $1_{ш}$ и отмечаем точку пересечения F_1 ;

- из этой точки радиусом $r_{2в}$ проводим дугу до пересечения с дугой радиуса $R_{2в}$, проведенной из точки $2_{ш}$ и отмечаем точку пересечения F_2 ;

- пересечение дуг радиусов $r_{3в}$ и $R_{3в}$ даёт точку F_3 , а пересечение дуг радиусов $r_{4в}$ и $R_{4в}$ – точку F_4 ;

- проведя из точки F_0 дугу радиусом $r'_{1в}$ до пересечения с дугой радиуса $R'_{1в}$, проведенной из точки $1'_{ш}$, получаем точку F'_1 ;

- пересекая дуги радиусами $r'_{2в}$ и $R'_{2в}$, $r'_{3в}$ и $R'_{3в}$, $r'_{4в}$ и $R'_{4в}$ получаем точки F'_2 , F'_3 , F'_4 соответственно. Все опорные точки верхнего паза найдены.

Построение опорных точек нижнего паза развёртки производим в следующей последовательности:

- радиусами $R'_{4н}, ..., R_{0н}, ..., R_{4н}$ из точек, соответственно, $4'_{ш}, ..., 0_{ш}, ..., 4_{ш}$ проводим дуги окружностей под строевой линией;

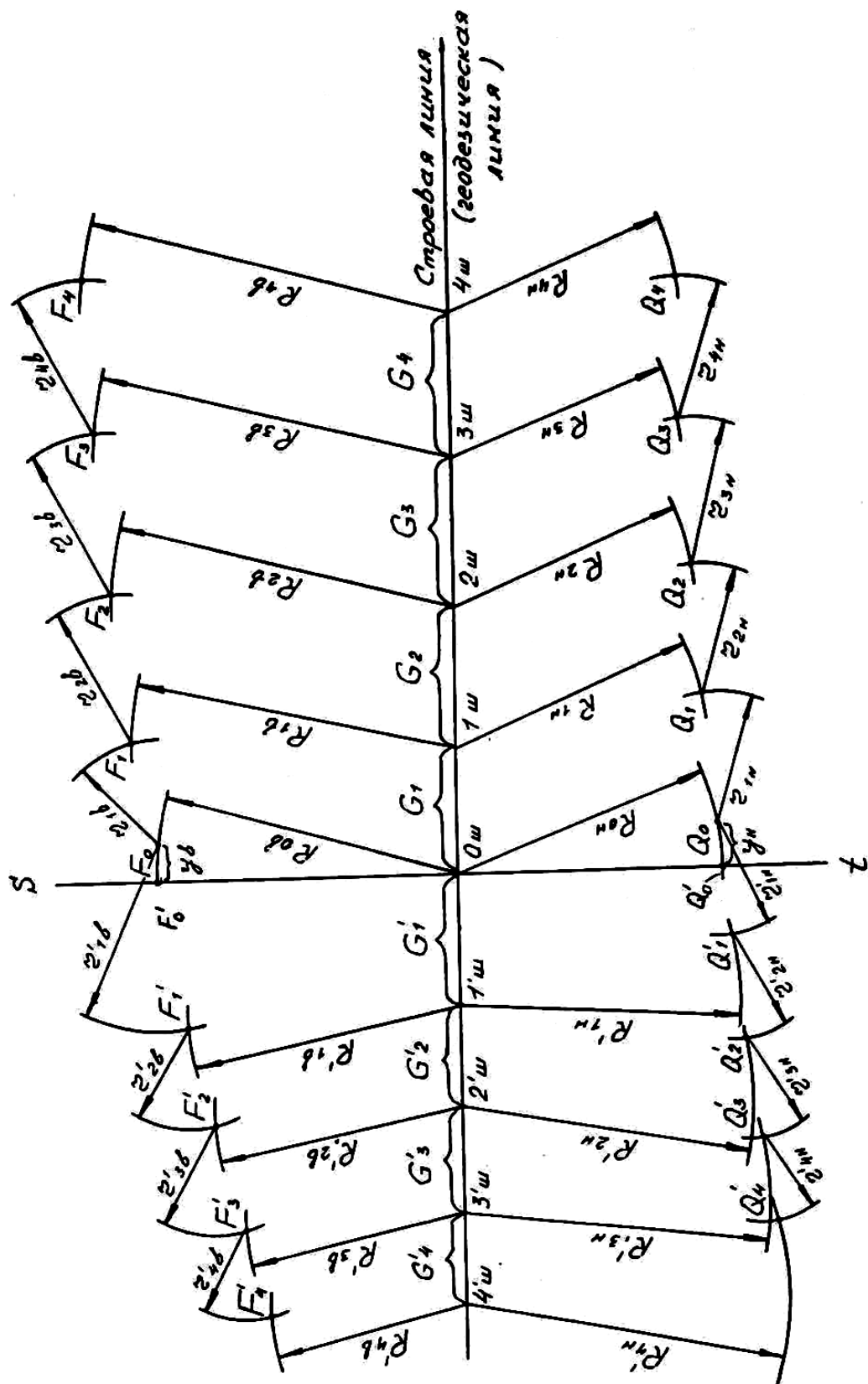


Рис. 4.9. Построение опорных точек развёртки

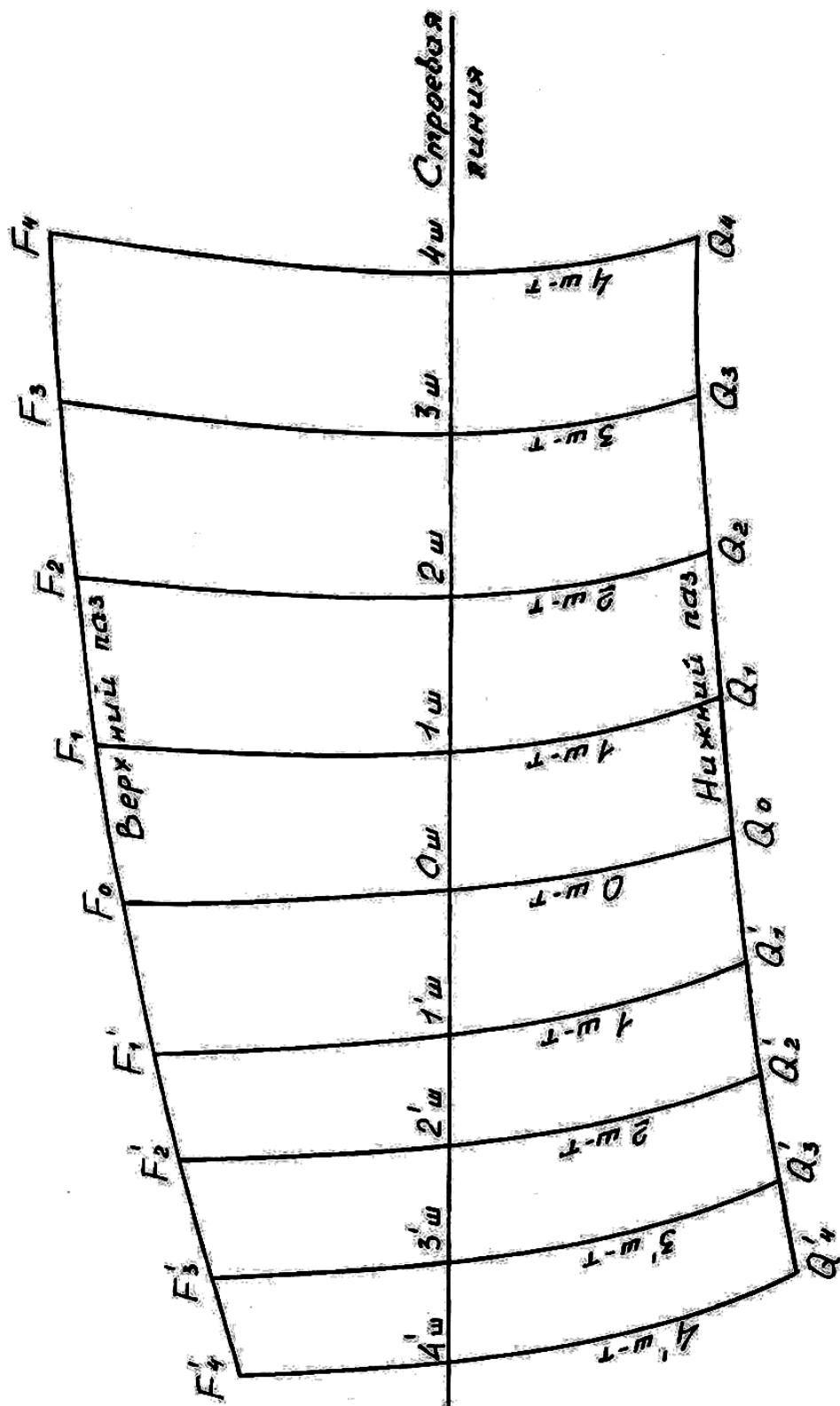


Рис. 4.10. Развёртка листа наружной обшивки

– отмечаем точку Q'_0 - пресечение перпендикуляра st и дуги окружности радиуса R_{0H} ;

– по этой дуге от точки Q'_0 откладываем величину Y_H и отмечаем точку Q_0 (откладывать величину Y_H в ту же сторону, что и Y_B);

– последовательность нахождения точек $Q'_4, Q'_3, Q'_2, Q'_1, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$, аналогична той, что изложена п. 4.3.8.1.

4.3.9. Построение развёртки

По найденным опорным точкам строим следы шпангоутов и проводим линии верхнего и нижнего пазов.

Следы шпангоутов проводим по трём точкам. Так, например, след шпангоута $4'$ проводим в виде достаточно плавной кривой через точки $F'_4, 4'_{ш}, Q'_4$, а шпангоута 0 – через точки $F_0, 0_{ш}, Q_0$. След верхнего паза проводится в виде плавной кривой через точки $F'_4, F'_3, F'_2, F'_1, F_0, F_1, F_2, F_3, F_4$, а след нижнего паза – через точки $Q'_4, Q'_3, Q'_2, Q'_1, Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$.

Окончательно построенная развёртка листа наружной обшивки показана на рис. 4.10. Промежуточные построения, приведенные на рис. 4.9., следует сохранять.

4.4. Проверка правильности построения развёртки

4.4.1. Построение диагоналей на рис. 4.11:

- через точки Q'_4, F_4 проводим первую диагональ;
- через точки F'_4, Q_4 проводим вторую диагональ;
- измеряем длины диагоналей и записываем их значения:

$$l_{d1} = Q'_4, F_4, \text{ мм};$$

$$l_{d2} = F'_4, Q_4, \text{ мм};$$

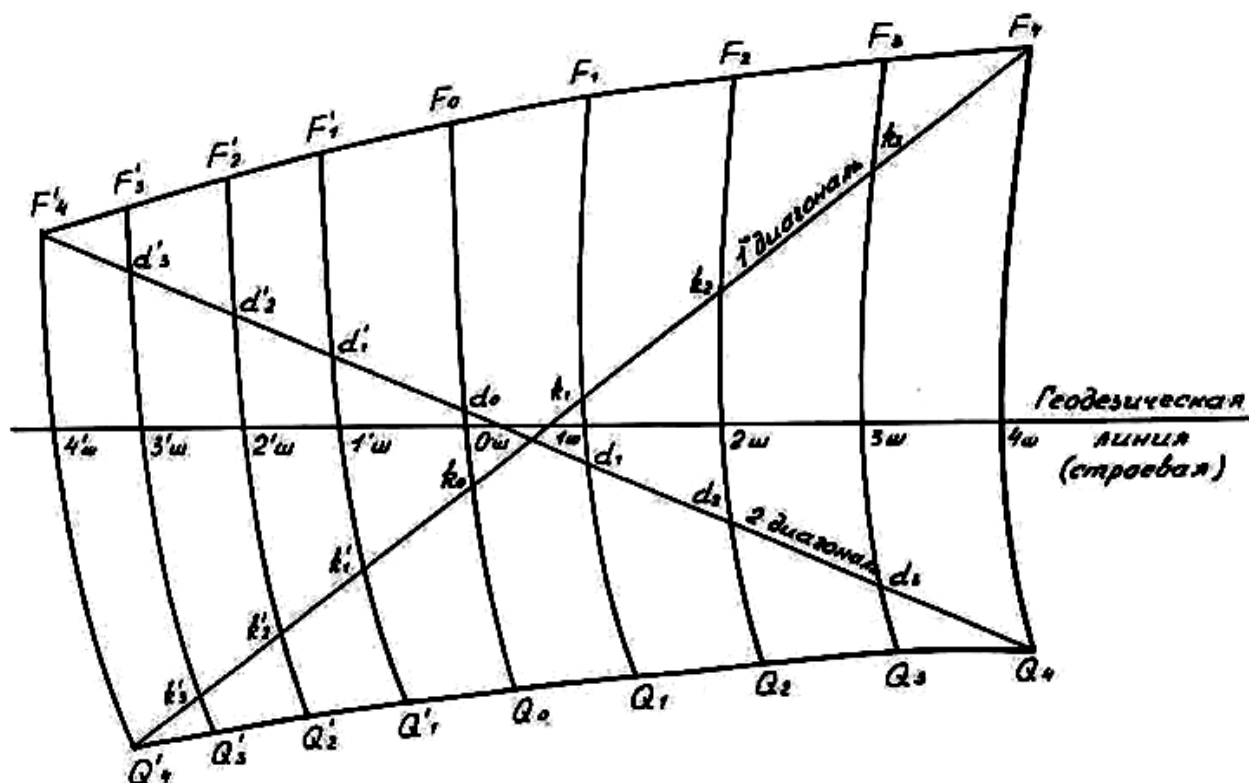


Рис. 4.11. Построение диагоналей на развёртке

4.4.2. Измерение величины отстояния диагоналей от геодезической линии

Отмечаем точки пересечения первой и второй диагоналей со шпангоутами (на рис. 4.11): $k'_3, k'_2, \dots, k_3$ и $d'_3, d'_2, \dots, d_3$ и замеряем величины отстояний диагоналей от строевой (геодезической) линии до точек пересечения со шпангоутами (замеры производим по следу соответствующего шпангоута):

– **первая диагональ:** $l'_{1,3} = 3'_{\text{ш}} k'_3$; $l'_{1,2} = 2'_{\text{ш}} k'_2$; $l'_{1,1} = 1'_{\text{ш}} k'_1$;
 $l_{1,0} = 0_{\text{ш}} k_0$; $l_{1,1} = 1_{\text{ш}} k_1$; $l_{1,2} = 2_{\text{ш}} k_2$; $l_{1,3} = 3_{\text{ш}} k_3$;

– **вторая диагональ:** $l'_{2,3} = 3'_{\text{ш}} d'_3$; $l'_{2,2} = 2'_{\text{ш}} d'_2$; $l'_{2,1} = 1'_{\text{ш}} d'_1$;
 $l_{2,0} = 0_{\text{ш}} d_0$; $l_{2,1} = 1_{\text{ш}} d_1$; $l_{2,2} = 2_{\text{ш}} d_2$; $l_{2,3} = 3_{\text{ш}} d_3$.

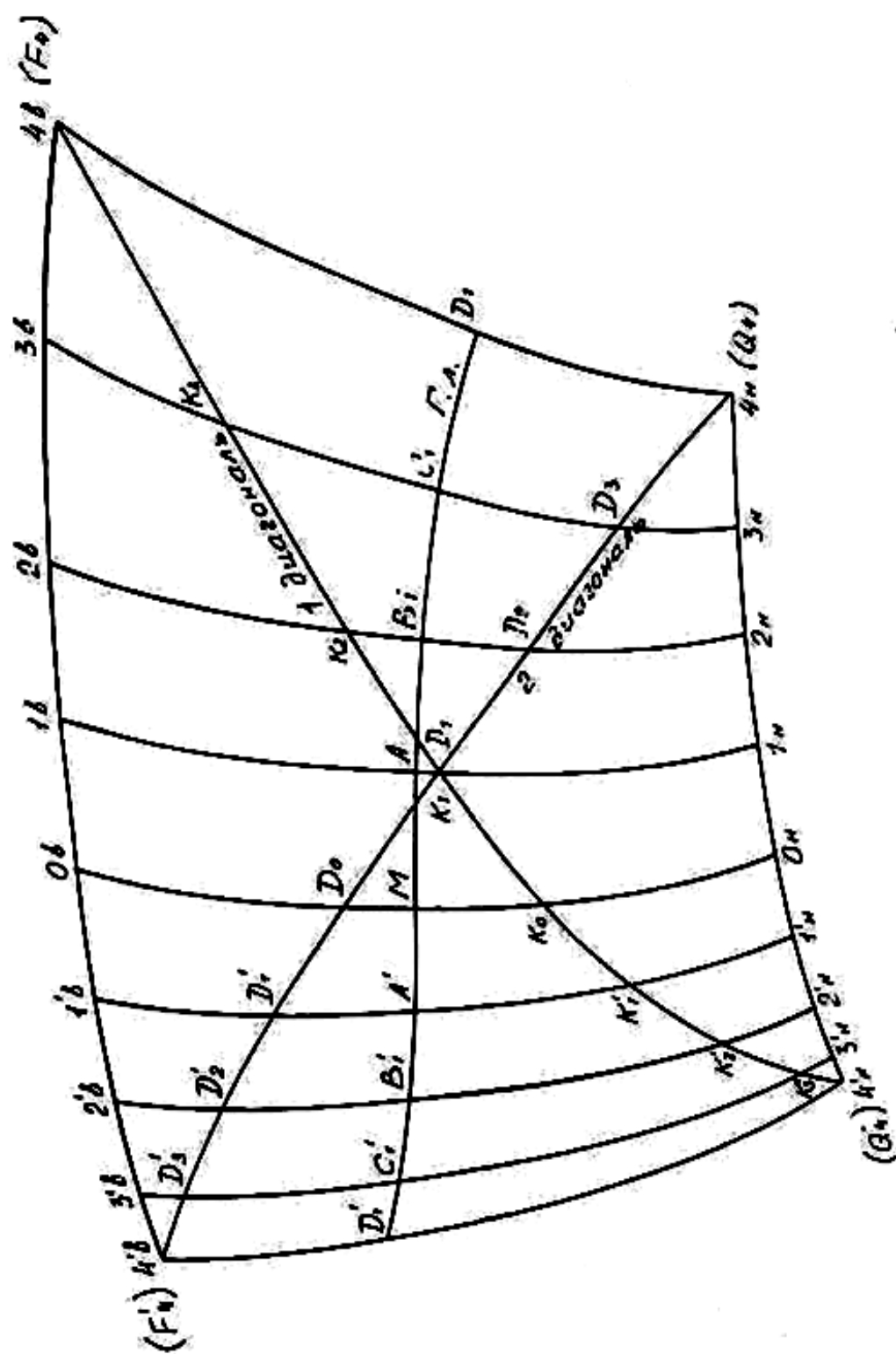


Рис. 4.12. Перенос диагоналей на исходную проекцию

4.4.3. Перенос диагоналей с развёртки на исходную проекцию "КОРПУС".

Перенос диагоналей по точкам показан на рис. 4.12:

– из точки C'_1 (на геодезической линии) вдоль шпангоута откладываем величину $I'_{1,3}$ и отмечаем точку K'_3 ;

– затем в соответствующем направлении, вдоль шпангоутов $2'_{ш}, 1'_{ш}, 0_{ш}, 1_{ш}, 2_{ш}, 3_{ш}$, откладываем величины $I'_{1,2}, I'_{1,1}, I_{1,0}, I_{1,1}, I_{1,2}, I_{1,3}$ и отмечаем точки $K'_2, K'_1, K_0, K_1, K_2, K_3$. Через полученные точки, а также через точки $4'_H$ и 4_B проводим след первой диагонали на исходной проекции.

Перенос второй диагонали производится аналогично, то есть отмечаем точки $D'_3, D'_2, D'_1, D_0, D_1, D_2, D_3$ и через полученные точки, а также точки $4'_B$ и 4_H проводим след второй диагонали.

4.5. Построение растяжек следов первой и второй диагоналей

– **первая диагональ:** $L'_{14} = 4'_H K'_3$; $L'_{13} = K'_3 K'_2$; $L'_{12} = K'_2 K'_1$; $L'_{11} = K'_1 K_0$; $L_{11} = K_0 K_1$; $L_{12} = K_1 K_2$; $L_{13} = K_2 K_3$; $L_{14} = K_3 4_B$;

– **вторая диагональ:** – $L'_{24} = 4'_B D'_3$; $L'_{23} = D'_3 D'_2$; $L'_{22} = D'_2 D'_1$; $L'_{21} = D'_1 D_0$; $L_{21} = D_0 D_1$; $L_{22} = D_1 D_2$; $L_{23} = D_2 D_3$; $L_{24} = D_3 4_H$;

Построение растяжек диагоналей показано на рис. 4.13 и 4.14. Построение производим способом, аналогичным изложенному в п. 4.2.1.

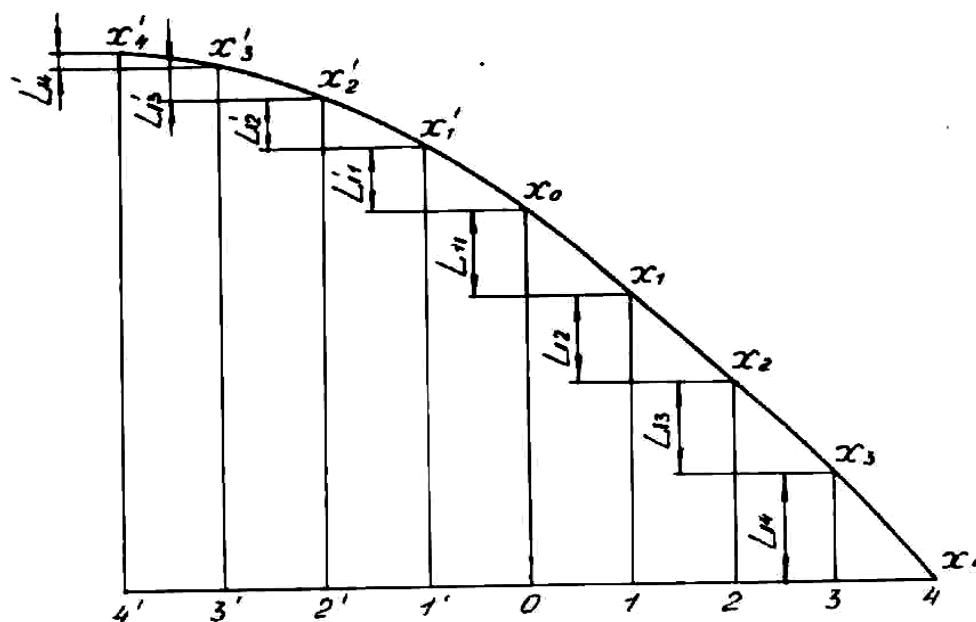


Рис. 4.13. Растяжка длины первой диагонали

4.6. Вычисление погрешностей длин растяжек следов диагоналей

Производится замер длин растяжек следов первой и второй диагоналей, для чего используем рис. 4.13 и 4.14. Значение длин растяжек диагоналей равна сумме дуг согласно формуле

$$l'_{д1} = x'_4 x'_3 + x'_3 x'_2 + x'_2 x'_1 + x'_1 x_0 + x_0 x_1 + x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_3 x_4, \text{ мм};$$

$$l'_{д2} = z'_4 z'_3 + z'_3 z'_2 + z'_2 z'_1 + z'_1 z_0 + z_0 z_1 + z_1 z_2 + z_2 z_3 + z_3 z_4, \text{ мм}.$$

Значения погрешностей определяем по формулам

$$\delta_1 = \frac{l_{д1} - l'_{д1}}{l_{д1}} \cdot 100 \%;$$

$$\delta_2 = \frac{l_{д2} - l'_{д2}}{l_{д2}} \cdot 100 \%.$$

Полученные величины погрешностей δ_1 и δ_2 не должны превышать 3 %.

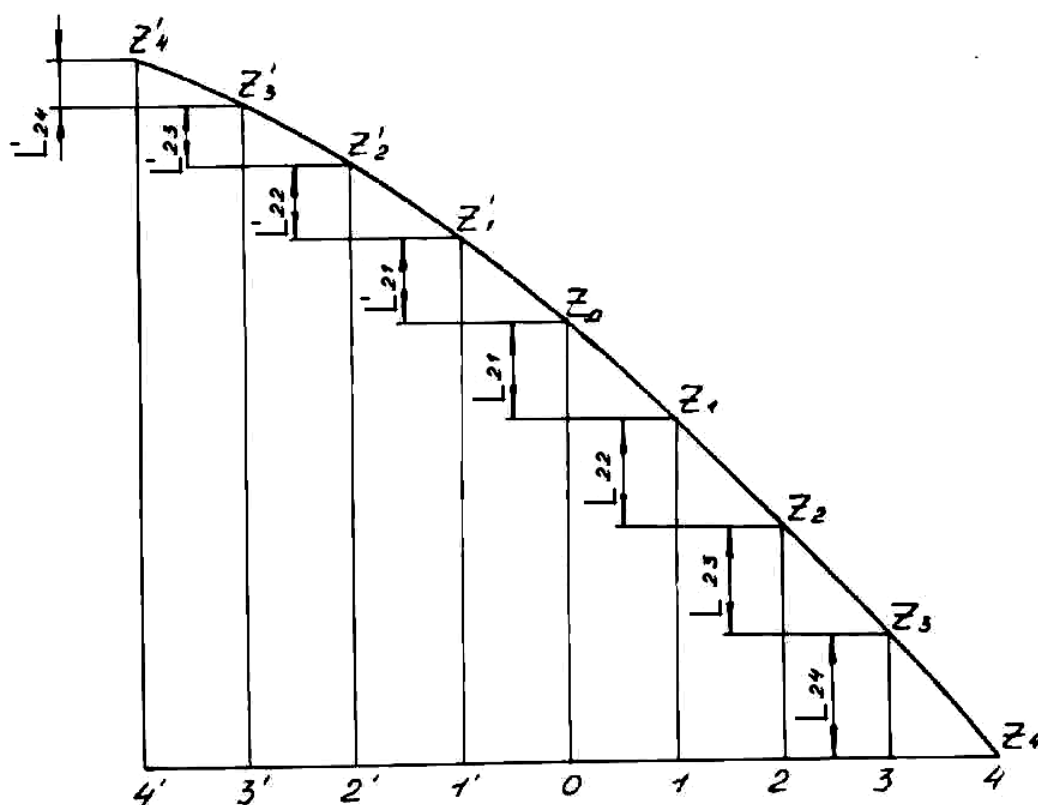


Рис. 4.14. Растяжка длины второй диагонали

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гармашев А.Д. Технология судостроения / А.Д. Гармашев, В.Л. Александров, А.Р. Арью, Э.В. Ганов, А.В. Догадин, В.Ю. Лейзерман, А.С. Роганов, И.А. Соколова, П.И. Щербинин; под общ. ред. А.Д. Гармашева. – СПб.: Профессия, 2003. – 342 с.
2. Корпусозаготовительные работы. Укрупнённые нормативы времени. 742-3401-143-80.
3. Мацкевич В.Д. Основы технологии судостроения / Э.В. Ганов, В.П. Доброленский. - Л.: Судостроение, 1980. – 352 с.
4. Никонов С. Н. Судовая разметка / В.П. Панкратов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1982. – 336 с.
5. ОСТ 5.9152-73. Корпуса металлических судов. Плазовые работы с применением графических работ. Типовой технологический процесс. – Введён с 1 января 1975 г. – Л.: Изд-во "Ритм", 1975 г. – 161 с.
6. РД 5.9091-88. Корпуса стальных судов. Технология изготовления корпусных деталей. – Введён с 1988 г. – М., 1973. – 84 с.

РАЗВЕРТКА ЛИСТОВ ОБШИВКИ КОРПУСА СУДНА МЕТОДОМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

*Методические указания
к выполнению практической работы*

Составители: **Лекарев** Геннадий Викторович,
Перепада Константин Васильевич, **Жибоедов** Вячеслав Владимирович

В авторской редакции

Изд. № 66/2021. Объем 1,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»