

*Завгородний В.И.,
научный сотрудник АО «НЦ ВостНИИ»
Россия, г. Кемерово*

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МНОГОСЛОЙНОЙ НАВИВКИ КАНАТОВ ПОДЪЁМНЫХ МАШИН ЧАСТЬ 2.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

***Аннотация:** Технологическая область применения ПМ ограничена из-за отсутствия в оснащении технических средств, обеспечивающих безопасность эксплуатации при многослойной навивке каната на барабан.*

В данной работе представлена методика расчета элементов конструкции устройства, заявленного в патенте № 2205148, обеспечивающего безопасность эксплуатации ПМ с многослойной навивкой каната на барабан [1].

Методика расчета устройства разработана на базе анализа исходных данных для ПМ барабанного типа. Конструкция устройства обеспечивает новую схему укладки каната на барабан, которая позволяет создать условия навивки каната с равномерным распределением в слоях.

Разработанный способ и устройство для его реализации не ограничивают количество слоев навивки каната на барабан ПМ, что создает технологические возможности для расширения области применения машин.

***Ключевые слова:** Расчет параметров, реборда барабана, переходная зона, клин подъёма, вкладыши, чертёж детали, сборочный чертёж.*

Annotation: *The scope of application of LM is limited due to the lack of technical means to ensure operational safety during multi-layer winding of rope on a drum.*

The paper presents a calculation method for the device claimed in patent 2205148, which ensures the safe operation of a LM with a multi-layer winding of a rope on a drum.

The calculation method was developed based on the initial data for the drum-type LM. The device provides a new rope laying scheme on the drum, which creates conditions for rope winding with uniform distribution in layers.

The developed method and device do not limit the number of layers of rope winding on the LM drum, which creates opportunities for expanding the scope of application of the machines.

Key words: *Calculation parameters, drum flange, transition zone, lifting wedge, insert, drawing of the part, assembly drawing.*

1. Расчет параметров реборд барабана новой конструкции.

Основными расчётными параметрами реборд являются:

D_B , мм – внутренний диаметр, определяемый по посадочному месту на барабане;

D_H , мм – наружный диаметр, определяемый количеством слоев навивки каната и запасом по слоям согласно требованиям ПБ;

q_c , - количество ступеней, определяется принятой схемой укладки и количеством слоев навивки каната;

D_c мм – диаметр ступени реборды;

t_c – ширина ступеней реборд, определяется графическим анализом кинематики укладки слоев каната;

T_p , мм – ширина посадочной части реборд, определяется графическим анализом укладки всех слоёв каната с учетом крепления на барабане;

Реборды рекомендуется выполнять из двух частей с охватом каждой по окружности барабана на 180° .

1.1 Параметры левой реборды.

Кольцевые ступени левой реборды выполняются для нечетных слоёв навивки начиная с третьего слоя: $n_i = 3, 5, 7, \dots$

Исходные данные для расчёта: $d_k, h_l, h_k, h_{оп}, D_b, q_s, \Delta q_s$.

Выполняются следующие расчеты:

$D_{Вл} = D_b - 2 \cdot h_l$, мм – внутренний диаметр реборды;

$D_{Нл} = D_b - 2 \cdot h_k + 2 \cdot d_k \cdot (q_s + \Delta q_s)$, мм – наружный диаметр реборды;

$D_{Cni} = D_b - 2 \cdot h_k + 2 \cdot [(n_i - 1) \cdot h_{оп}]$, мм – диаметр ступени (n_i) слоя.

1.2 Параметры правой реборды.

Кольцевые ступени правой реборды выполняются для четных слоёв навивки начиная со второго слоя: $n_j = 2, 4, 6, \dots$

Исходные данные для расчета: $d_k, h_r, h_k, h_{оп}, D_b, q_s, \Delta q_s$

Выполняются следующие расчеты:

$D_{Вп} = D_b - 2 \cdot h_k$, мм - внутренний диаметр реборды;

$D_{Нп} = D_{Нл}$, мм;

$D_{Cnj} = D_b - 2 \cdot h_k + 2 \cdot [(n_j - 1) \cdot h_{оп}]$, мм – диаметр ступени (n_j) слоя

2. Расчет параметров конструкции вкладышей и клиньев подъёма проектируемого устройства ПМ.

Особенности кинематики укладки витков каната в переходных зонах у реборд барабана при переходе на вышележащий слой навивки требуют применения в местах образующихся «провалов» витков компенсирующих вкладышей, а на участках формирования переходных витков – опорных клиньев подъёма [2].

Конструкция вкладышей и клиньев подъема определяется в зависимости от места их размещения на барабане и на ступенях реборд.

Для вкладыша и клина наиболее важными являются координаты точек начала и конца места их размещения. Для определения этих координат применяется метод графического анализа с использованием вспомогательных сечений в переходных зонах у реборд барабана. Рекомендуется начинать со стандартных сечений по следующим угловым координатам 0° , 90° , 180° , 270° .

Подбором дополнительных сечений определяются координаты начала и конца мест размещения вкладышей и клиньев с учетом кинематики укладки в зонах у реборд. Пример графического анализа приведен в приложении 1.

2.1 Вкладыши и клинья подъема правой реборды.

а) вкладыш барабана – компенсирует участок провала каната между первым витком первого слоя и ребордой.

Исходные данные для расчета:

B_6^H , град – координата начала размещения вкладыша на барабане;

$B_{кб}$, град – координата конца размещения вкладыша на барабане;

α_6^B , град – угол охвата поверхности барабана вкладышем;

$C_i \rightarrow t_i, h_i$, мм – контрольные сечения и размеры вкладышей в этих сечениях, где $i = 1, 2, 3, \dots$ - номер сечения.

Рекомендации по расчету:

угол охвата поверхности барабана вкладышем рекомендуется принимать не менее 260° , а количество контрольных сечений не менее четырех;

заготовка для вкладыша – стальной прутки диаметром равным d_k ;

для получения профиля вкладыша в соответствии с размерами контрольных сечений выполняется механическая обработка заготовки по боковой поверхности E прилегающей к реборде с величиной уклона

$k_E^p = k_s$, мм/град;

диаметр опорной поверхности вкладыша определяется:

$$D_{B6}^{оп} = D_6 - 2 \cdot h_k, \text{ мм};$$

длина развертки вкладыша определяется из выражения:

$$L_{B6}^p = \pi \cdot D_{B6}^p \cdot \alpha_6^B / 360^\circ, \text{ мм}, \text{ где } D_{B6}^p = D_{B6}^{оп} + d_k, \text{ мм}$$

б) вкладыши ступеней правой реборды - компенсирует участки провала каната, возникающие после крестовых переходов первых витков в нечетных слоях навивки.

Исходные данные для расчета:

$n_j = 2, 4, 6, \dots$ - четные слои навивки каната;

B_{cnj}^H , град - координата начала размещения вкладыша на ступени;

B_{cnj}^K , град - координата конца размещения вкладыша на ступени;

α_{cnj}^B , град - угол охвата поверхности ступени вкладышем;

$C_i \rightarrow t_i, h_i$, мм – контрольные сечения и размеры вкладышей в этих сечениях, где $i = 1, 2, 3, \dots$ - номер сечения.

Рекомендации по расчету:

количество контрольных сечений не менее двух;

заготовка для вкладыша – стальная пластина толщиной $t_i \max$;

диаметр опорной поверхности вкладыша определяется из равенства:

$$D_{Bnj}^{оп} = D_{Cnj}, \text{ мм};$$

для получения профиля вкладыша в соответствие с размерами контрольных сечений выполняется механическая обработка заготовки по поверхности E прилегающей к реборде с величиной уклона:

$$k_E^p = (t_i \max - t_i \min) / \alpha_{cnj}^B, \text{ мм/град};$$

длина развертки вкладыша определяется из выражения:

$$L_{cnj}^B = \pi \cdot D_{Cnj} \cdot \alpha_{cnj}^B / 360^\circ, \text{ мм}.$$

в) клинья подъёма правой реборд – предназначены для подъёма переходных витков чётных слоёв навивки каната на вышележащий слой.

Исходные данные для расчета:

$n_j = 2, 4, 6, \dots$ - четные слои навивки каната;

K_{cnj}^H , град - координата начала размещения клина на ступени;

K_{cnj}^K , град - координата конца размещения клина на ступени;

α_{cnj}^K , град - угол охвата поверхности ступени клином;

β_{cnj} , град - угол охвата поверхности ступени участком подъёма поверхности Д клина;

$C_i \rightarrow t_i, h_i$, мм – контрольные сечения и размеры клиньев в этих сечениях, где $i = 1, 2, 3, \dots$ - номер сечения.

Рекомендации по расчету:

количество контрольных сечений не менее трёх;

заготовка для клина – стальной прямоугольный профиль со сторонами

$t_i \max, h_i \max$, мм;

диаметр опорной поверхности клина определяется из равенства:

$$D_{Knj}^{оп} = D_{Cnj}, \text{ мм};$$

для получения профиля клина в соответствие с размерами контрольных сечений выполняется механическая обработка заготовки по поверхности Е прилегающей к реборде и поверхности Д с величинами уклона:

$$k_{E^P} = (t_i \max - t_i \min) / \alpha_{cnj}^K, \text{ мм/град};$$

$$k_D = (h_i \max - h_i \min) / \beta_{cnj}, \text{ мм/град};$$

длина развертки клина определяется из выражения:

$$L_{cnj}^K = \pi \cdot D_{Cnj} \cdot \alpha_{cnj}^K / 360^\circ, \text{ мм}.$$

2.2 Вкладыши и клинья подъёма левой реборды.

а) вкладыши левой реборды - компенсирует участки провала каната, возникающие после крестовых переходов первых витков в четных слоях

Исходные данные для расчета:

$n_i = 3, 5, 7, \dots$ - нечетные слои навивки каната;

B_6^H , град – координата начала размещения вкладыша на барабане;

B_6^K , град – координата конца размещения вкладыша на барабане;

$\alpha^B_{\text{б}}$, град – угол охвата опорной поверхности барабана вкладышем;
 B^H_{cni} , град – координата начала размещения вкладыша на ступени;
 B^K_{cni} , град – координата конца размещения вкладыша на ступени;
 α^B_{cni} , град – угол охвата опорной поверхности ступени вкладышем;
 $C_i \rightarrow t_i, h_i$, мм – контрольные сечения и размеры вкладышей в этих сечениях, где $i = 1, 2, 3, \dots$ - номер сечения.

Рекомендации по расчету:

количество контрольных сечений не менее двух;

заготовка для вкладыша – стальная пластина толщиной $t_i \text{ max}$;

диаметры опорных поверхностей вкладышей определяются из равенств:

$D^{\text{оп}}_{\text{бб}} = D_{\text{б}}$, мм – вкладыш с опорой на барабан;

$D^{\text{оп}}_{\text{cni}} = D_{\text{cni}}$, мм – вкладыш с опорой на ступени;

для получения профиля вкладыша в соответствие с размерами контрольных сечений выполняется механическая обработка заготовки по поверхности Е прилегающей к реборде с величинами уклона:

$k_E^{pб} = (t_i \text{ max} - t_i \text{ min}) / \alpha^B_{\text{б}}$, мм/град – с опорой на барабан;

$k_E^p = (t_i \text{ max} - t_i \text{ min}) / \alpha^B_{\text{cni}}$, мм/град – с опорой на ступени;

длины разверток вкладышей определяются из выражений;

$L^B_{\text{б}} = \pi \cdot D_{\text{бi}} \cdot \alpha^B_{\text{б}} / 360^\circ$, мм – с опорой на барабан;

$L^B_{\text{cni}} = \pi \cdot D_{\text{Cni}} \cdot \alpha^B_{\text{cni}} / 360^\circ$, мм – с опорой на ступени;

б) клинья подъёма левой реборды – предназначены для подъёма переходных витков нечётных слоёв навивки каната на вышележащий слой.

Клинья делятся на клин барабана и клинья ступеней реборды.

Исходные данные для расчета:

$n_i = 1, 3, 5, \dots$ - нечетные слои навивки каната

$K^H_{\text{б}}$, град – координата начала размещения клина на барабане;

$K^K_{\text{б}}$, град – координата конца размещения клина на барабане;

$\alpha^K_{\text{б}}$, град – угол охвата опорной поверхности барабана клином;

K_{cni}^H , град – координата начала размещения клина на ступени;
 K_{cni}^r , град – координата конца размещения клина на ступени;
 α_{cni}^K , град – угол охвата опорной поверхности ступени клином;
 β_{δ} , град – угол охвата поверхности барабана участком подъёма поверхности Д клина;

β_{cnj} , град – угол охвата поверхности ступени участком подъёма поверхности Д клина;

$C_i \rightarrow t_i, h_i$, мм – контрольные сечения и размеры клиньев в этих сечениях, где $i = 1, 2, 3, \dots$ – номер сечения.

Рекомендации по расчету;

количество контрольных сечений не менее четырёх;

заготовка для клина барабана – стальной пруток диаметром равным d_k ;

заготовка для клина ступени – стальной прямоугольный профиль со сторонами $t_i \max, h_i \max$, мм;

диаметр опорной поверхности клина определяется:

$D_{\delta}^{op} = D_{\delta} - 2 \cdot h_k$, мм – клин барабана;

$D_{ni}^{op} = D_{cni}$, мм – клин ступени;

для получения профиля клина в соответствие с размерами контрольных сечений выполняется механическая обработка заготовки по поверхности Е прилегающей к реборде и поверхности Д с величинами уклона:

$k_E^{\delta} = k_s$, мм/град – клин барабана;

$k_E^p = (t_i \max - t_i \min) / \alpha_{cni}^K$, мм/град – клин ступени;

$k_D^{\delta} = (h_i \max - h_i \min) / \beta_{\delta}$, мм/град – клин барабана;

$k_D = (h_i \max - h_i \min) / \beta_{cni}$, мм/град – клин ступени;

длина развертки клина определяется из выражения:

$L_K^{\delta} = \pi \cdot D^p \cdot \alpha_{\delta}^K / 360^\circ$, мм – клин барабана, где $D^p = D_{\delta}^{op} + d_k$, мм;

$L_{cni}^K = \pi \cdot D_{cni} \cdot \alpha_{cni}^K / 360^\circ$, мм – клин ступени.

3. Состав конструкторской документации устройства.

Документация разрабатывается в следующем составе:

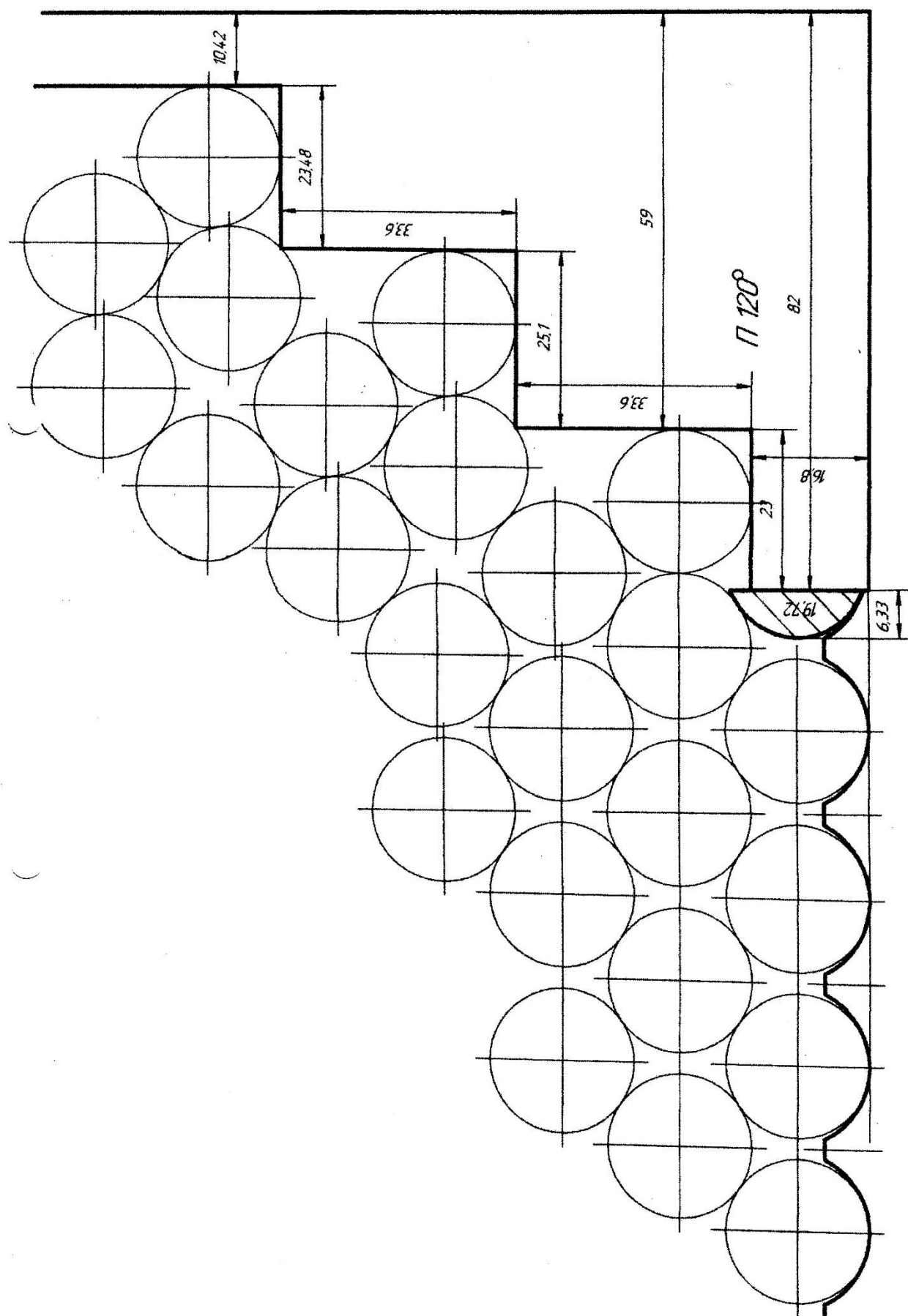
- монтажный чертёж установки правой и левой реборд на барабане;
- сборочный чертеж правой реборды;
- сборочный чертеж левой реборды;
- чертежи вкладышей правой реборды;
- чертежи вкладышей левой реборды;
- чертежи клиньев подъёма правой реборды;
- чертежи клиньев подъёма левой реборды;

Оформление документации выполняется в соответствии с требованиями действующих нормативов.

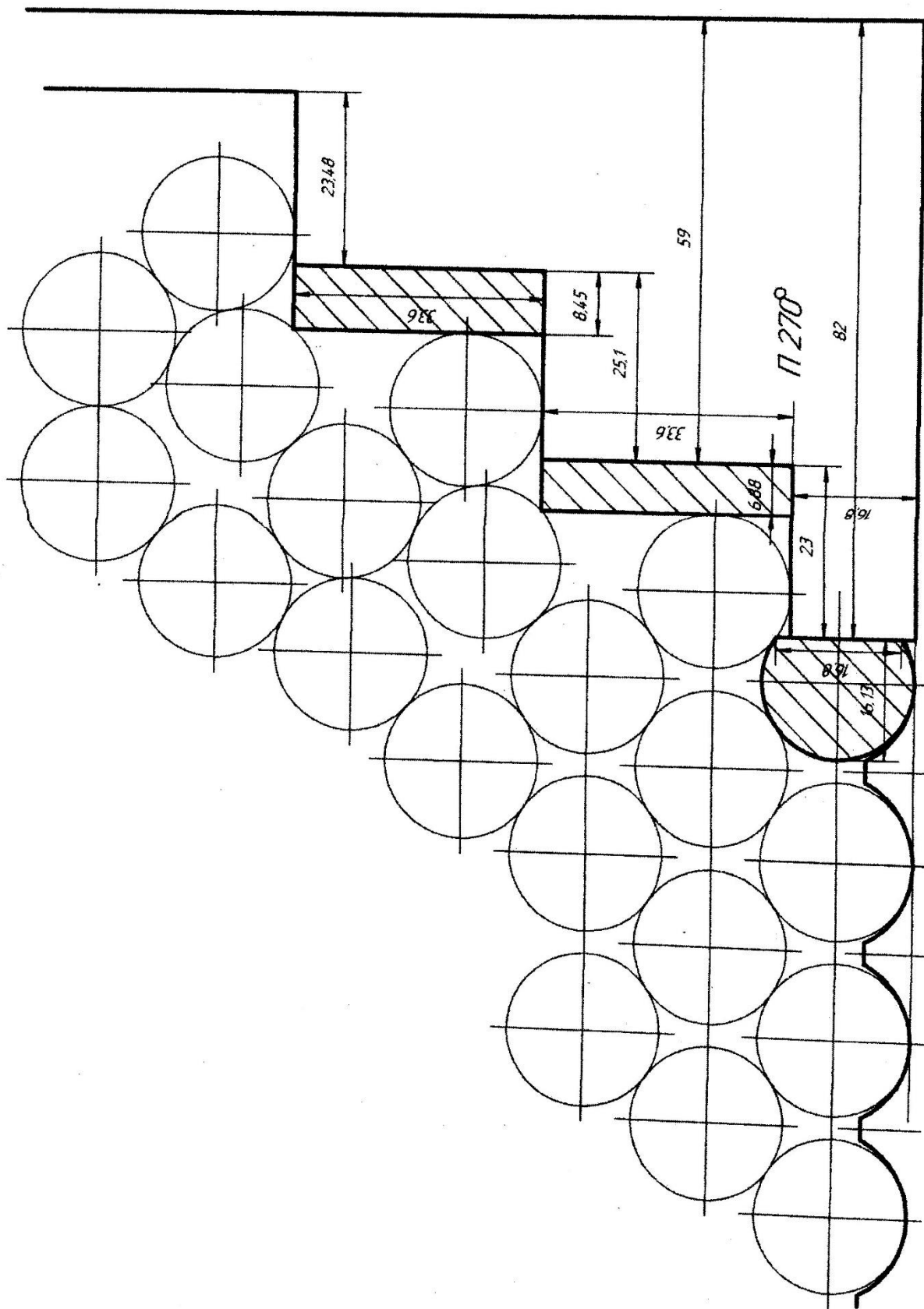
Приложение 1.

Пример графического анализа кинематики укладки
витков каната по слоям навивки ПМ типа Ц 1.6 x 1.2.

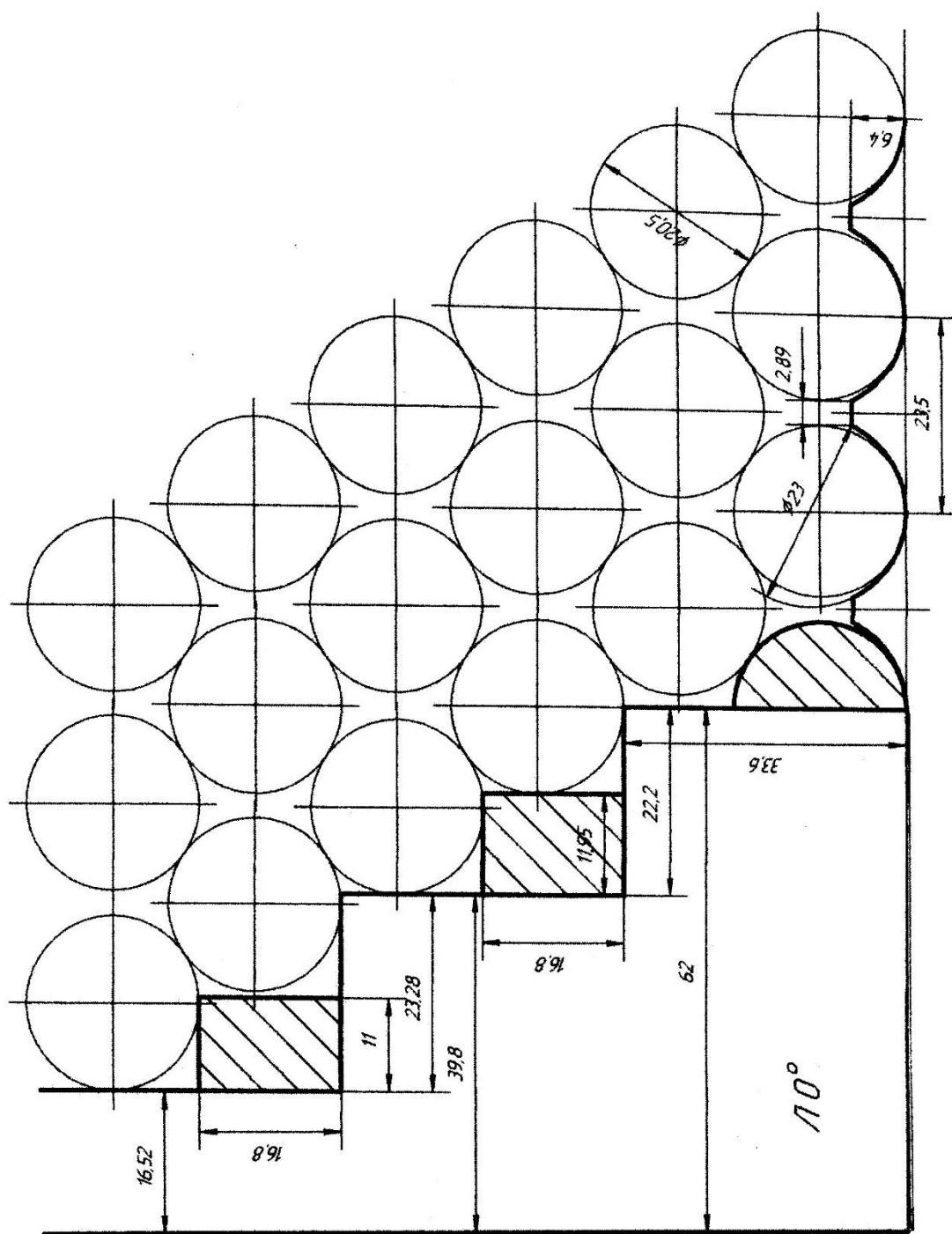
- П 1.1. Переходная зона правой реборды. Контрольное сечение 0° .
- П 1.2. Переходная зона правой реборды. Контрольное сечение 120° .
- П 1.3. Переходная зона правой реборды. Контрольное сечение 270°
- П 1.4. Переходная зона левой реборды. Контрольное сечение 0° .
- П 1.5. Переходная зона левой реборды. Контрольное сечение 135°
- П 1.6. Переходная зона левой реборды. Контрольное сечение 245°



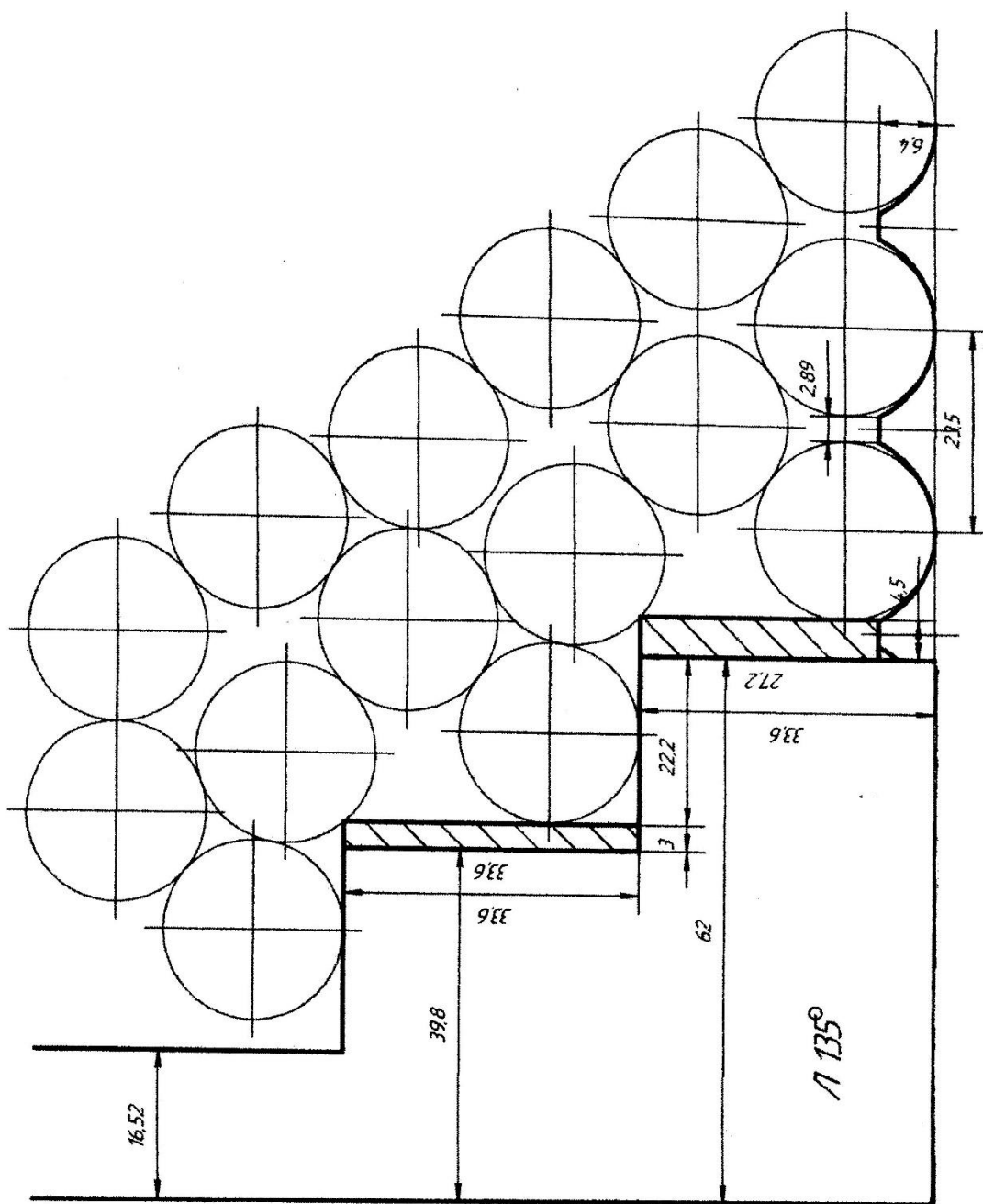
П 1.2. Переходная зона правой реборды . Контрольное сечение 120° .



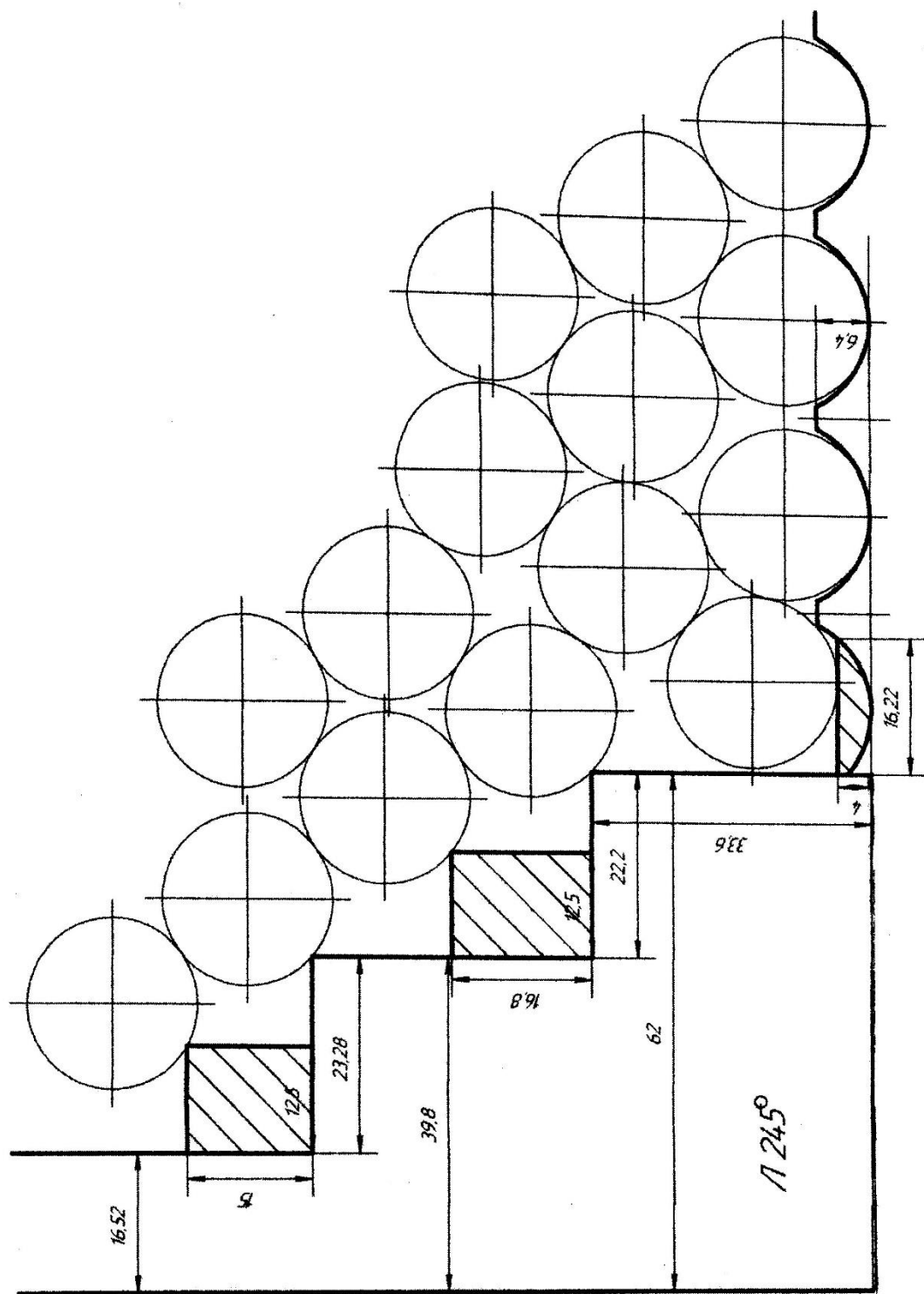
П 1.3. Переходная зона правой реборды. Контрольное сечение 270° .



П 1.4. Переходная зона левой реборды. Контрольное сечение O^0 .



П 1.5. Переходная зона левой ребры . Контрольное сечение 135° .



П 1.6. Переходная зона левой реборды . Контрольное сечение 245° .

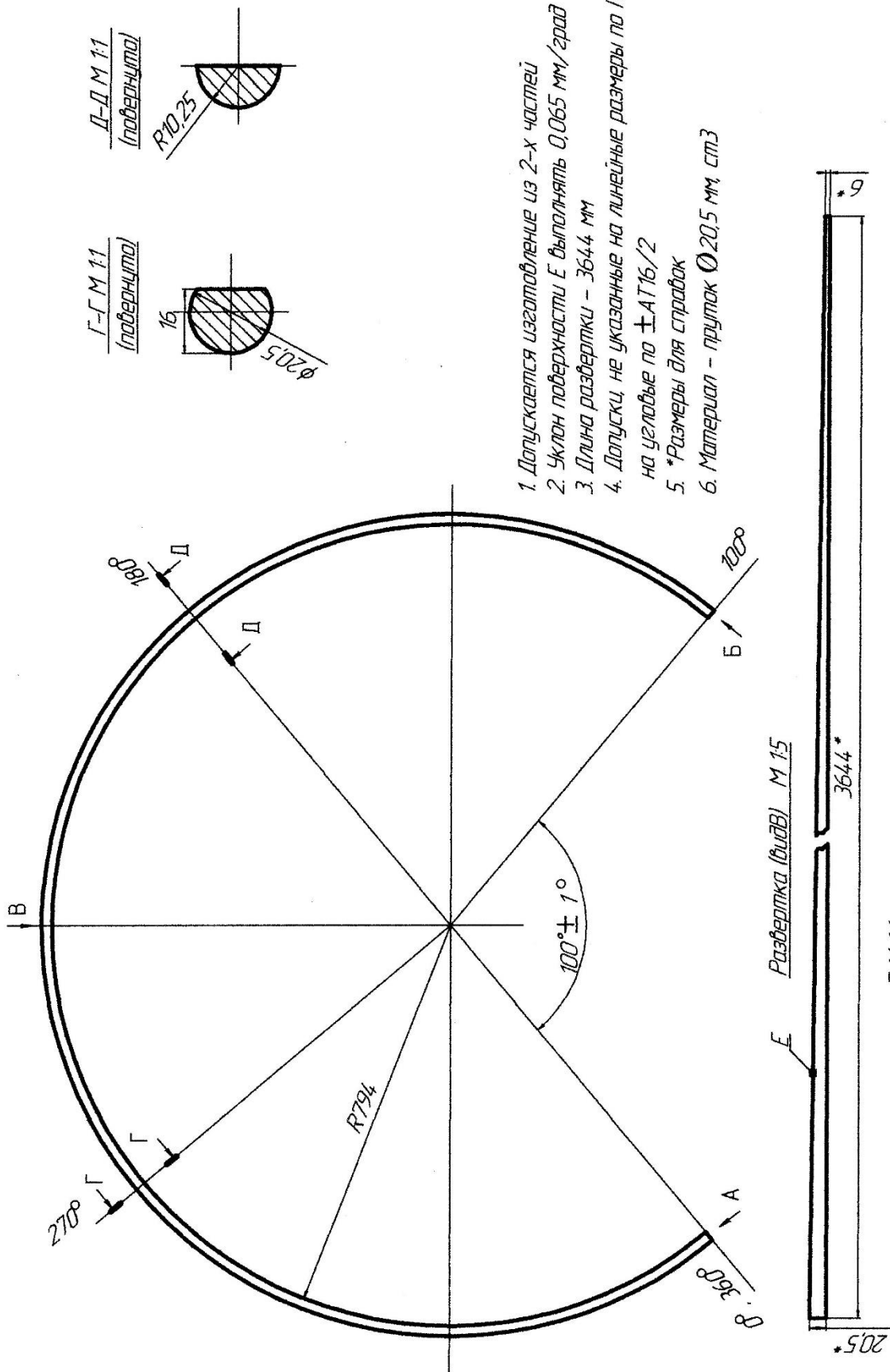
Приложение 2.

Пример состава конструкторской документации.

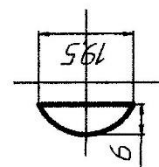
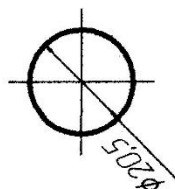
- П 2.1. Спецификация документации правой реборды.
- П 2.2. Спецификация документации левой реборды.
- П 2.3. Вкладыш барабана для правой реборды.
- П 2.4. Клин подъёма первой ступени правой реборды.
- П 2.5. Клин подъёма барабана для левой реборды.
- П 2.6. Клин подъёма первой ступени левой реборды.

[illegible]

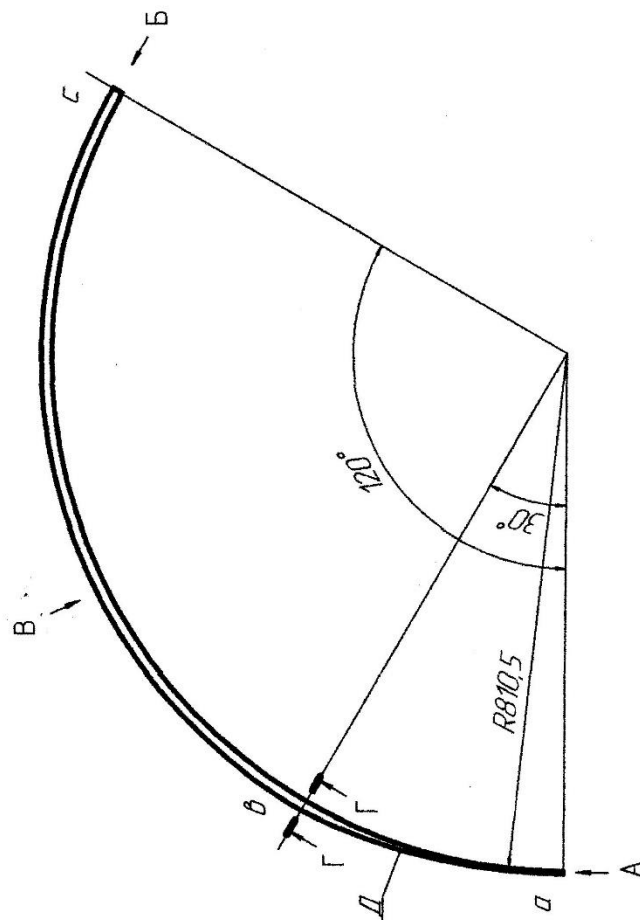
П 2.3. Вкладыш барабана для правой реборды .



БМ 1:1
(повернута)

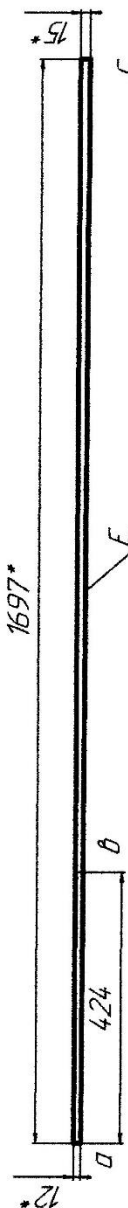
AM 7:7

1. Допускается изготовление из 2-х частей
2. Уклон поверхности E выполнять 0,065 мм/град
3. Длина развертки – 3644 мм
4. Допуски не указанные на линейные размеры по IT12 на угловые по $\pm AT16/2$
5. *Размеры для справок
6. Материал – прутки $\varnothing 20,5$ мм ст3



1. Уклон поверхности E выполнять 0,025 мм/град.
2. Подъем поверхности D на участке a-b выполнять 0,426 мм/град
3. Длина развертки - 1697 мм
4. Допуски, не указанные на линейные размеры по IT12 на углубы по $\pm AT16/2$
5. *Размеры для справок

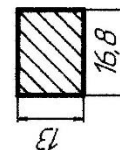
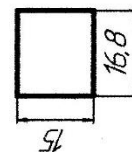
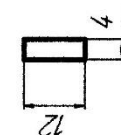
Развертка (вид B)



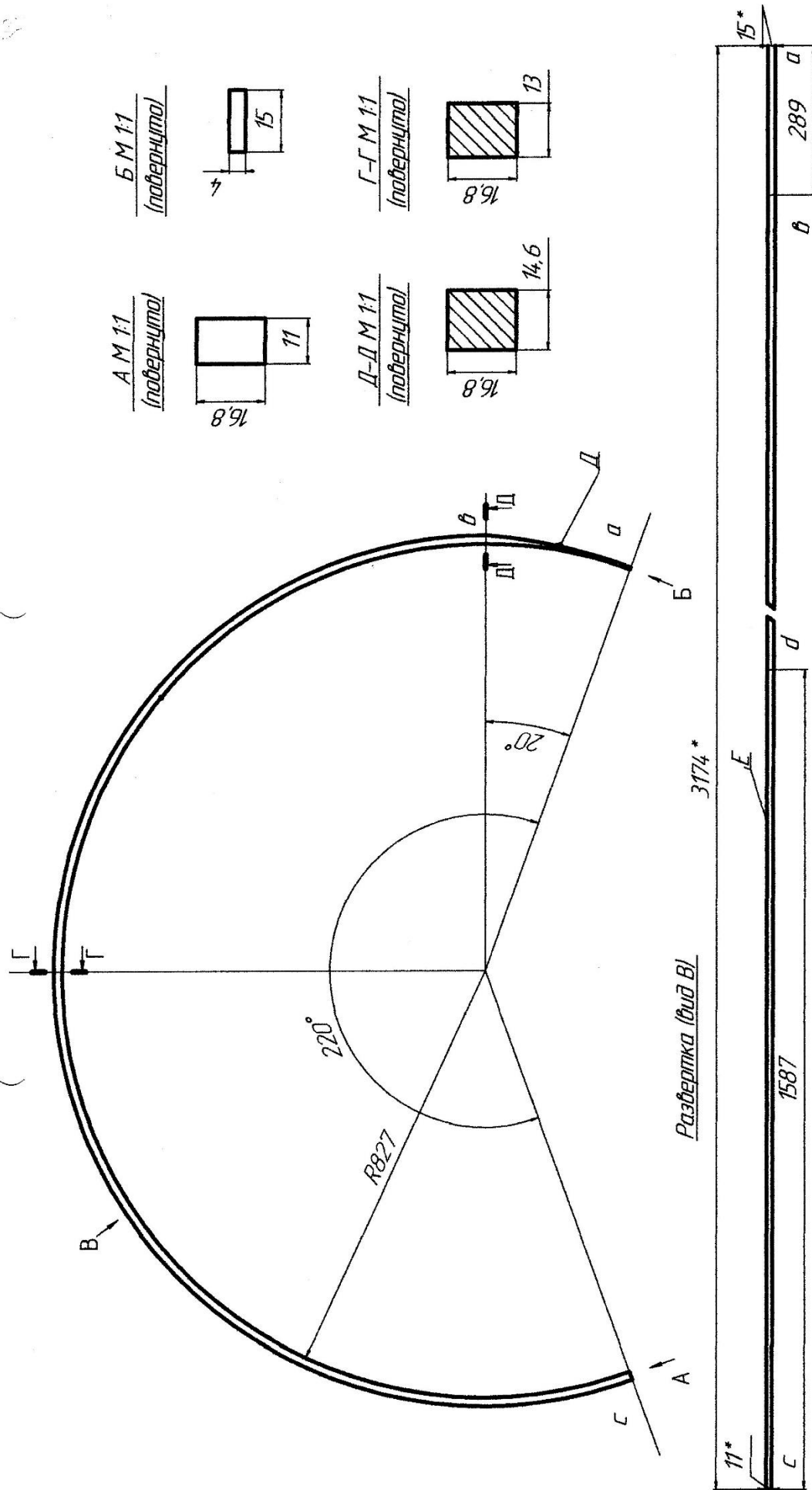
AM 11

BM 11

Г-Г М 11



П 2.4. Клин подъема первой ступени правой реборды .



П 2.6. Клин подъёма первой ступени левой реборды .

1. Уклон поверхности E выполнять $0,018 \text{ мм/град}$
2. Подъем поверхности D на участке a-b выполнять $0,64 \text{ мм/град}$
3. Длина развертки - 3174 мм
4. Допуски, не указанные на линейные размеры по IT12, на угловые по $\pm A T16/2$
5. *Размеры для справок

Библиографический список:

1. Пат. 2205148 Российская Федерация В66D1/30. Способ многослойной навивки каната на барабан и устройство для его осуществления/ Завгородний В. И.; заявитель и патентообладатель Завгородний В. И.- 99124849/28; опубл. 7.05. 2003г.
2. Завгородний В. И. Расчет параметров устройства для многослойной навивки каната на барабан подъёмной машины. // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2014. - №1. – с.63-67.