

9-10-2019

INVESTIGATION OF GEOMETRIC CONDITIONS IN TWO-ROLL MODULES

Sh R. Xurramov

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Xurramov, Sh R. (2019) "INVESTIGATION OF GEOMETRIC CONDITIONS IN TWO-ROLL MODULES,"
Scientific-technical journal: Vol. 22 : Iss. 3 , Article 20.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol22/iss3/20>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

MECHANICS

INVESTIGATION OF GEOMETRIC CONDITIONS IN TWO-ROLL MODULES

SH.R. Xurramov, F.S. Xolto'raev, F.Z. Qurbonova

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
В ДВУХВАЛКОВЫХ МОДУЛЯХ

Ш.Р. Хуррамов, Ф.С. Холтўраев, Ф.З. Қурбонова

Ташкентский архитектурно строительный институт

ИККИ ВАЛЛИ МОДУЛЛАРДА ГЕОМЕТРИК ШАРТЛАР ТАТҚИҚОТИ

Ш.Р. Хуррамов, Ф.С. Холтўраев, Ф.З. Қурбонова

Тошкент архитектура-қурилиш институти

The article presents the results of the analysis of the contact angles a two-shaft module, in with both rolls are single.

Keywords: two-roll modules, contact area, contact angles, fibrous material.

В статье приведены результаты анализа углов контакта двухвалкового модуля, в котором оба вала приводные.

Ключевые слова: двухвалковые модулы, зона контакта, углы контакта, волокнистый материал.

Мақолада ҳар иккала вали узатмага эга икки валли модулнинг контакт бурчақлари таҳлили натижалари келтирилган.

Таянч сўзлар: икки валли модуллар, контакт зонаси, контакт бурчағи, толали материал.

Контактные взаимодействия в двухвалковых модулях зависят от геометрических условий в зоне контакта. Под геометрическими условиями в зоне контакта понимается, главным образом, величины углов контакта, которые должны быть правильно определены как в начальный момент касания волокнистого материала с валками, так и при установившемся процессе обработки. Несмотря на кажущуюся простоту этого вопроса, имеется ряд обстоятельств, на которые надо обратить внимание, иначе могут быть допущены ошибки в оценке контактного взаимодействия в модуле, так как углы контакта являются основными величинами, определяющие граничных условий задачи контактного взаимодействия [1].

Рассмотрим двухвалковый модуль представленный на рис. 1, где оба вала приводные.

Геометрические условия в зоне контакта изучаем в трех позициях переднего конца слоя материала: первая – момент касания с валками; вторая – момент касания с линией центров;

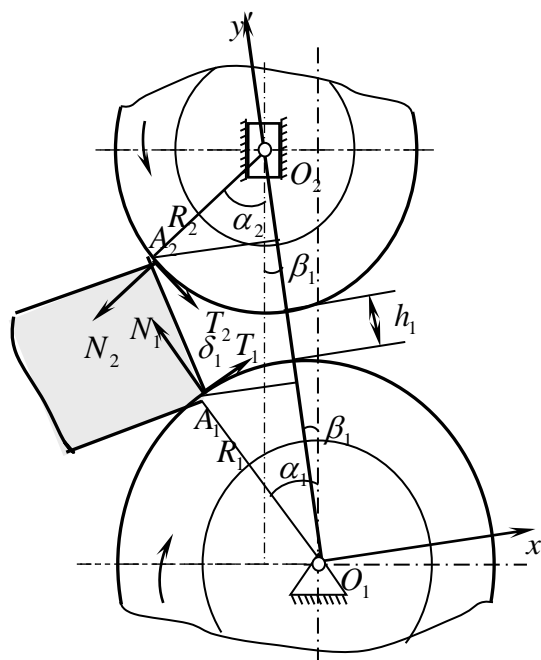


Рис. 1. Схема сил в начальный момент касания слоя материала с валками

MECHANICS

третья – момент выхода из зоны контакта. Анализ первой позиции позволяет найти углов начального контакта валков, второй – углов начального контакта установившихся процесса взаимодействия, третьей – углов конечного контакта валков.

Пусть в первой позиции слой материала касается с валками в сечении A_1A_2 (рис. 1).

Определяем величины углов начального контакта нижнего валка α_1 и верхнего валка α_2 .

Из рис. 1 видно, что

$$R_1 - R_1 \cos(\alpha_1 - \beta_1) + R_2 - R_2 \cos(\alpha_2 + \beta_1) + \delta_1(1 - \cos\gamma_1) + h_1 - \delta_1 = 0, \quad (1)$$

$$R_2 \sin(\alpha_2 + \beta_1) = R_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1) + \delta_1 \sin\gamma_1. \quad (2)$$

Приняв, что углы α_1 , α_2 , β_1 и γ_1 малы, можно написать уравнения

(1) и (2) в упрощенном виде

$$R_1(\alpha_1 - \beta_1)^2 + R_2(\alpha_2 + \beta_1)^2 + \delta_1\gamma_1^2 + 2(h_1 - \delta_1) = 0, \quad (3)$$

$$\alpha_2 + \beta_1 = \frac{R_1}{R_2}(\alpha_1 - \beta_1) + \frac{\delta_1}{R_2}\gamma_1. \quad (4)$$

После подстановки $(\alpha_2 + \beta_1)$ из равенства (4) и преобразований уравнение (3) принимает вид

$$R_1(R_1 + R_2)(\alpha_1 - \beta_1)^2 + 2R_1\delta_1\gamma_1(\alpha_1 - \beta_1) + \delta_1^2\gamma_1^2 + R_2\delta_1\gamma_1^2 + 2R_2(h_1 - \delta_1) = 0.$$

Решая это квадратное уравнение, находим

$$\alpha_1 - \beta_1 = -\frac{\delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2} + \sqrt{\frac{2R_2(\delta_1 - h_1)}{R_1(R_1 + R_2)} - \frac{R_2\delta_1(\delta_1 + R_1 + R_2)\gamma_1^2}{R_1(R_1 + R_2)^2}}. \quad (5)$$

Пренебрегая здесь вторым членом в радикале ввиду его малости, придаем формуле для определения угла α_1 более простой вид

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_1 - h_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{(R_1 + R_2)\beta_1 - \delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2}. \quad (6)$$

С учетом выражения (6) из равенства (4) находим формулу для определения угла α_2 :

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_1 - h_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{(R_1 + R_2)\beta_1 - \delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2}. \quad (7)$$

Результаты расчетов углов α_1 и α_2 по формулам (6) и (7), позволил выявить следующие:

- с возрастанием R_2 и β_1 угол α_1 увеличивается, а угол α_2 уменьшается;
- с увеличением R_1 и γ_1 угол α_1 уменьшается, а угол α_2 увеличивается;
- закономерности изменения α_1 и α_2 от параметров δ_1 и h_1 одинаковые.

Сложив выражений (6) и (7) после преобразований находим сумму углов α_1 и α_2 :

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_1 - h_1)}{R_1R_2}}. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что сумма углов контакта не зависит от наклона подачи слоя материала к оси O_1y' и от наклона верхнего валка относительно вертикали.

MECHANICS

Далее исследуем, как изменяется углы контакта с учетом сил, действующих на слой материала. С этой целью рассмотрим схемы сил, действующих на слой материала в сечении A_1A_2 (рис. 1).

Для этого составим уравнения равновесия сил слоя материала в момент касания с валками:

$$\begin{cases} \sum X' = -N_{1x'} - N_{2x'} + T_{1x'} + T_{2x'} = 0, \\ \sum Y' = N_{1y'} - N_{2y'} + T_{1y'} - T_{2y'} = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Из схемы сил на рис. 1 находим

$$\begin{aligned} N_{1x'} &= N_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1), & T_{1x'} &= T_1 \cos(\alpha_1 - \beta_1), & N_{1yx} &= N_1 \cos(\alpha_1 - \beta_1), \\ T_{1y} &= T_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1), & N_{2x'} &= N_2 \sin(\alpha_2 + \beta_1), & T_{2x'} &= T_2 \cos(\alpha_2 + \beta_1), \\ & & N_{2y'} &= N_2 \cos(\alpha_2 + \beta_1), & T_{2y'} &= T_2 \sin(\alpha_2 + \beta_1). \end{aligned} \quad (10)$$

С учетом этих выражений систему (9) перепишем в виде

$$\begin{cases} N_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1) - T_1 \cos(\alpha_1 - \beta_1) = -(N_2 \sin(\alpha_2 + \beta_1) - T_2 \cos(\alpha_2 + \beta_1)), \\ N_1 \cos(\alpha_1 - \beta_1) + T_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1) = N_2 \cos(\alpha_2 + \beta_1) + T_2 \sin(\alpha_2 + \beta_1). \end{cases} \quad (11)$$

Преобразуем систему (11), выразив силы трения T_1 и T_2 через нормальные силы N_1 и N_2 согласно закону трения Амонтона-Кулона:

$$\begin{cases} N_1 (\sin(\alpha_1 - \beta_1) - f_1 \cos(\alpha_1 - \beta_1)) = -N_2 (\sin(\alpha_2 + \beta_1) - f_2 \cos(\alpha_2 + \beta_1)), \\ N_1 (\cos(\alpha_1 - \beta_1) + f_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1)) = N_2 (\cos(\alpha_2 + \beta_1) + f_2 \sin(\alpha_2 + \beta_1)). \end{cases}$$

Разделим первое уравнение этой системы на второе

$$\frac{\sin(\alpha_1 - \beta_1) - f_1 \cos(\alpha_1 - \beta_1)}{\cos(\alpha_1 - \beta_1) + f_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1)} = - \frac{\sin(\alpha_2 + \beta_1) - f_2 \cos(\alpha_2 + \beta_1)}{\cos(\alpha_2 + \beta_1) + f_2 \sin(\alpha_2 + \beta_1)}.$$

После ряда преобразований находим:

$$\operatorname{tg}(\alpha_1 + \alpha_2) = \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2}.$$

Тогда, имея в виду, что $f_1 = \operatorname{tg} \nu_1$ и $f_2 = \operatorname{tg} \nu_2$ (где ν_1 и ν_2 – углы трения в точках A_1 и A_2 , соответственно) окончательно имеем:

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \nu_1 + \nu_2. \quad (12)$$

Таким образом, в момент касания слоя материала с валками, сумма углов контакта равняется сумме углов трения, независимо от наклона верхнего валка и слоя материала.

С учетом равенства (12) выражения (8) имеет вид:

$$\nu_1 + \nu_2 = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_1 - h_1)}{R_1 R_2}}. \quad (13)$$

Откуда находим

$$\sqrt{2(\delta_1 - h_1)} = \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} (\nu_1 + \nu_2).$$

Подставляя это выражения в формулах (6) и (7), находим

$$\alpha_1 = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_2 (\nu_1 + \nu_2) + (R_1 + R_2) \beta_1 - \delta_1 \gamma_1), \quad (14)$$

MECHANICS

$$\alpha_2 = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_1(v_1 + v_2) - (R_1 + R_2)\beta_1 + \delta_1\gamma_1). \tag{15}$$

Анализируем теперь геометрических факторов во второй позиции переднего конца слоя материала. Пусть передней конец слоя материала касаясь их в сечении A_1A_2 , проходить путь до сечении C_1C_2 , лежащей на линии центров (рис. 2). В течении этого периода проход слоя материала между валками сопровождается подъемом верхнего валка и сечения A_1A_2 переходит на сечении B_1B_2 . При этом слой материала и эластичные покрытия валков будут деформироваться. Деформация происходит до тех пор, пока вертикальная составляющая упругой силы материала приравняется с давлением верхнего валка на слой материала [2].

Как эти силы равняется друг друга, в двухвалковом модуле начинается установившемся процесс.

Пусть в установившемся процессе двухвалковый модуль имеет следующие параметры: углы начального контакта установившемся процесса верхнего и нижнего валка φ_{11} и φ_{21} , угол наклона верхнего валка относительно вертикали β_2 , расстояние между валками h_2 .

Считаем, что

$$h_2 = kh_1, \quad k > 1, \tag{16}$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Из-за малой величины Δ , чем межосевое расстояние валков, в дальнейших расчетах можно считать $\beta_2 \approx \beta_1$.

По аналогии формулам (6), (7) и (8) с учетом равенства (16) определяем φ_{11} , φ_{21} и их сумму:

$$\varphi_{11} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_1 - kh_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{(R_1 + R_2)\beta_1 - \delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2}, \tag{17}$$

$$\varphi_{21} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_1 - kh_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{(R_1 + R_2)\beta_1 - \delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2}, \tag{18}$$

$$\varphi_{11} + \varphi_{21} = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_1 - kh_1)}{R_1R_2}}. \tag{19}$$

Согласно рис. 2 для рассматриваемого двухвалкового модуля имеем:

$$\varphi_{11} + \varphi_{21} = v_{11} + v_{21}, \tag{20}$$

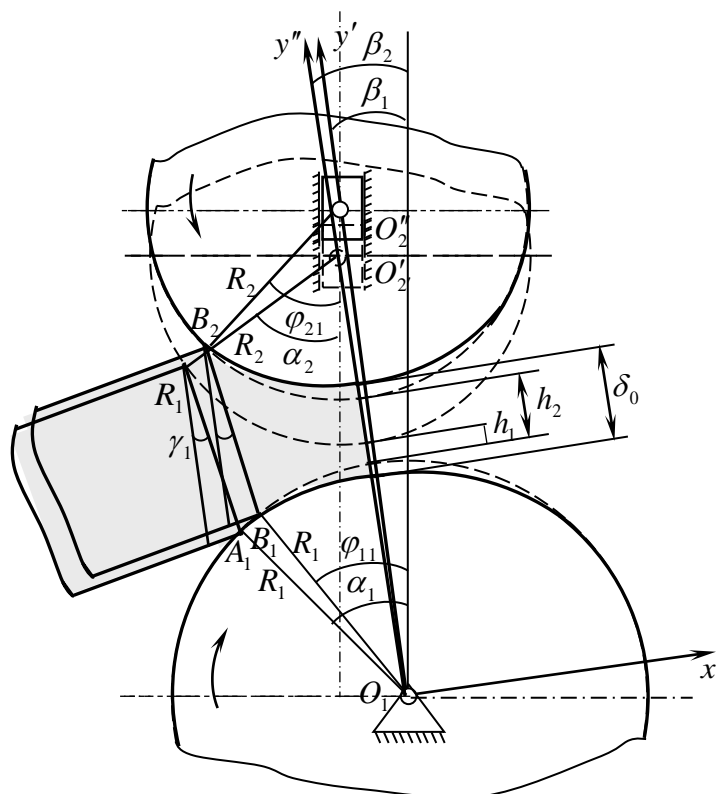


Рис. 2. Схема двухвалкового модуля во второй позиции переднего конца слоя материала

MECHANICS

где ν_{11}, ν_{21} – углы трения точках B_1 и B_2 , соответственно.

С учетом равенства (20) выражения (17),(18) и (19) имеет вид:

$$\nu_{11} + \nu_{21} = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_1 - kh_1)}{R_1 R_2}}. \tag{21}$$

$$\varphi_{11} = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_2(\nu_{11} + \nu_{21}) + (R_1 + R_2)\beta_1 - \delta_1\gamma_1), \tag{22}$$

$$\varphi_{21} = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_1(\nu_{11} + \nu_{21}) - (R_1 + R_2)\beta_1 + \delta_1\gamma_1). \tag{23}$$

Теперь переходим к анализу геометрических факторов в третьей позиции переднего конца слоя материала.

При прохождении от второй до третьей позиции передней конец слоя материала проходит путь от сечения C_1C_2 до сечения D_1D_2 , где выходит из зоны контакта валков. В этот период и валки и слой материала будут восстанавливать деформацию.

Пусть сечения D_1D_2 определяется параметрами: $\varphi_{12}, \varphi_{22}$ – углы выхода нижнего и верхнего валка, соответственно; δ_2 – конечная толщина слоя материала; γ_2 – угол наклона слоя материала относительно линии центров; β_2 – угол наклона верхнего валка относительно вертикали (рис. 4).

Из рис. 3 следует, что

$$R_1 - R_1 \cos(\varphi_{12} + \beta_2) + R_2 - R_2 \cos(\varphi_{22} - \beta_2) + \delta_2(1 - \cos\gamma_2) + h_2 - \delta_2 = 0,$$

$$R_2 \sin(\varphi_{22} - \beta_2) = R_1 \sin(\varphi_{12} + \beta_2) + \delta_2 \sin\gamma_2.$$

Сделав в этих выражениях аналогичные с (1) - (7) преобразования и упрощения получим квадратное уравнения, решая которое, имеем формулы

для определения углов выхода $\varphi_{12}, \varphi_{22}$ и их сумму:

$$\varphi_{12} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_2 - kh_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} - \frac{(R_1 + R_2)\beta_2 + \delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \tag{24}$$

$$\varphi_{22} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_2 - kh_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} + \frac{(R_1 + R_2)\beta_2 + \delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \tag{25}$$

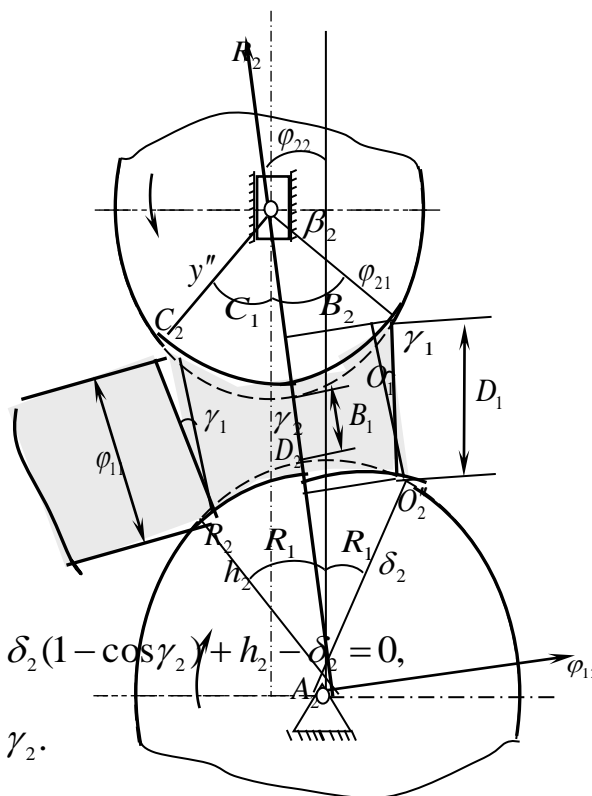


Рис. 3. Схема двухвалкового модуля в третьей позиции переднего конца слоя материала

MECHANICS

$$\varphi_{12} + \varphi_{22} = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_2 - h_2)}{R_1 R_2}}. \quad (26)$$

Считаем,

$$\gamma_2 = \frac{m_1}{m_2} \gamma_1, \quad \delta_2 = m_2 \delta_1, \quad (27)$$

где m_1 , m_2 – коэффициенты пропорциональности. Откуда

$$\delta_2 \gamma_2 = m_1 \delta_1 \gamma_1. \quad (28)$$

Если $m_2 = 1$, то $\delta_2 = \delta_1$, то есть конечная толщина слоя материала равна начальной. Этот случай имеет место когда и валки и слой материала абсолютно упругие.

Если $m_2 < 1$, то $\delta_2 < \delta_1$. Этот случай имеет место когда и валки и слой материала упруго-пластичные.

Из рис. 3 следует, что для рассматриваемого двухвалкового модуля имеет место равенства:

$$\varphi_{12} + \varphi_{22} = \nu_{12} + \nu_{22}, \quad (29)$$

где ν_{12} , ν_{22} – углы трения в точках D_1 и D_2 , соответственно.

С учетом этой формулы из равенства (26) находим

$$\nu_{12} + \nu_{22} = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(m_2 \delta_1 - h_2)}{R_1 R_2}}. \quad (30)$$

С учетом выражения (30) и равенств $\delta_2 \gamma_2 = m_1 \delta_1 \gamma_1$, $\beta_2 = \beta_1$ выражения (24) и (25) примут вид:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_2 (\nu_{12} + \nu_{22}) - (R_1 + R_2) \beta_1 - m_1 \delta_1 \gamma_1), \quad (31)$$

$$\varphi_{22} = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_1 (\nu_{12} + \nu_{22}) + (R_1 + R_2) \beta_1 + m_1 \delta_1 \gamma_1). \quad (32)$$

На основе анализа геометрических условий в двухвалковом модуле представим алгоритм расчета геометрических параметров двухвалкового модуля представленного на рис. 1 и когда оба валка приводные.

1. Расчет сумму величин углов трения $\nu_1 + \nu_2$ по формуле (13).
2. Определение величин углов контакта α_1 и α_2 по формулам (14) и (15).
3. Расчет величины толщины h_2 по выражению (16).
4. Расчет сумму величин углов трения $\nu_{11} + \nu_{21}$ по формуле (21).
5. Определение величин углов контакта φ_{11} и φ_{21} по формулам (22) и (23).
6. Расчет геометрических параметров δ_2 и $\delta_2 \gamma_2$ по выражениям (27) и (28).
7. Расчет сумму величин углов трения $\nu_{12} + \nu_{22}$ по формуле (30).
8. Определение величин углов контакта φ_{11} и φ_{21} по формулам (31) и (32).

MECHANICS

References:

- [1]. Grudev A.P. Zaxvaivayushaya sposobnost prokatnix valkov. Moskva: «SP Internet Injineriing», 1998 – 283 s.
- [2]. Abdugarimov A. Analiz i sintez peredatochnix mexanizmov valkovix mashin s peremennim mejosevim rasstoyaniem rabochix valov: Dis. ... kand. texn. nauk. T., 1995. – 158 s.

Литература

- [1]. Грудев А.П. Захватывающая способность прокатных валков. Москва: «СП Интернет Инжинеринг», 1998 – 283 с.
- [2]. Абдукаримов А. Анализ и синтез передаточных механизмов валковых машин с переменным межосевым расстоянием рабочих валов: Дис. ... канд. техн. наук. Т., 1995. – 158 с.