

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ НАМОТКИ МАТЕРИАЛА В РУЛОН

**Симанин Николай Алексеевич**, канд. техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Лянденбургский Владимир Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства».

440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28.

E-mail: avto@pguas.ru

**Ключевые слова:** автоматизация, управление, оборудование, намотка, рулон, разгрузка.

*Цель исследований – теоретическое обоснование основных параметров оборудования для намотки материалов в рулон с автоматическим управлением. В качестве мягкого укрывного материала применяют различные синтетические пленки. Для удобства транспортировки и хранения длинномерные материалы наматывают в рулон. Это потребует применения соответствующего оборудования. Рассмотрены основные проблемы, возникающие при намотке материала в рулон. Первая проблема связана с увеличением веса рулона при изменении его диаметра в процессе намотки. Это приводит к росту нагрузки на горизонтальные ролики и их опоры. Вторая проблема следует из первой: изменение параметров рулона приводит к изменению сил трения между наматываемым материалом и роликами, что, в свою очередь, снижает качество намотки рулона и нарушает его геометрию и плотность. Одним из подобных недостатков является наличие перекоса материала при намотке рулона, приводящего к увеличению длины рулона и его рыхлости. Это существенно усложняет как намотку материала в рулон, транспортировку рулона, так и разматывание полотна пленки. Для устранения указанных недостатков предлагается оборудование для намотки пленки (материала) снабдить автоматическими устройствами для компенсации веса рулона. Описаны конструкции оборудования для намотки рулонов. Для повышения качества намотки разработаны оригинальные конструкции оборудования с автоматическим управлением приводами. На основании силового анализа определены скорости вращения роликов с учетом толщины пленки. Результаты теоретических изысканий позволяют установить основные параметры гидросистемы осуществляемого контроля рабочего процесса.*

## AUTOMATION CONTROL EQUIPMENT FOR MATERIAL WINDING INTO A ROLL

**Simanin N. A.**, Candidate of Technical Sciences, Professor of the department «Engineering technology», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova travel/Gagarina street, 1A /11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Konovalov V. V.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the department «Engineering technology», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova travel/Gagarina street, 1A /11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Lyandenburskiy V. V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Operation of road transport», FSBEI HE «Penza state university of architecture and construction».

440028, Penza, Germana Titova street, 28.

E-mail: avto@pguas.ru

**Keywords:** automation, control, equipment, winding, roll, unloading.

The purpose of the study is the theoretical justification of the equipment main parameters for winding materials into a roll with automatic control. Various synthetic films are used to provide soft covering. Long materials are wound into a roll for convenience of transportation and storage. Appropriate equipment is needed for the operation to be performed. Main problems arising during material winding into a roll have been considered. The first problem is related to the weight increase of the roll due to its diameter change during the winding process. This augments the load on the horizontal rollers and their supports. The second challenge follows the first one: roll parameters change leads to a change of friction forces between the material wound and rollers, which in turn reduces the quality of the roll winding and affects its geometry and density. The presence of skew material during the roll winding leading to an increase in the length of the roll and its looseness is one of mentioned above disadvantage. This significantly complicates both the winding of the material into the roll, its transportation and film unwinding. The equipment for the winding of the film (material) offered is to be provided with automatic devices to compensate the roll weight able to eliminate this disadvantage. The design description for winding roll equipment is supplied. The original designs for equipment with automatically operated drives have been developed to improve the quality of winding. The rollers rotation speed was estimated according to the film thickness on the basis of the power analysis performed. The results of studies allow establishing the critical parameters of the hydraulic system for proving control over the working process.

Продукцией легкой и химической промышленности зачастую являются длинномерные материалы. К ним относят тканые и нетканые материалы, пленки, покрытия, утеплители и многие другие изделия. Все они отличаются геометрическими параметрами (длиной, шириной, толщиной) и физико-механическими свойствами (плотностью, сжимаемостью, гигроскопичностью, коэффициентом трения и т.д.). Указанные материалы широко применяют в пищевой и химической промышленности, транспорте, строительстве, машиностроении, в том числе, и в сельском хозяйстве.

Расширение тепличного хозяйства предусматривает строительство помещений закрытого грунта. При производстве теплиц используется как твердая, так и мягкая кровля. В качестве мягкого укрывного материала применяют различные синтетические пленки. Как правило, они выпускаются в виде трубчатого рукава большой длины, намотанного в рулон. Для использования указанных пленок в качестве укрывного материала требуется осуществить разрез бокового шва намотанного трубчатого рукава. С учетом большой длины рукава в рулоне и больших площадей покрытия теплиц длина разрезаемого рукава будет значительной. Учитывая двукратное увеличение ширины рукава (как правило, 1,5 м), ширина полотна достигнет 3 м. Для удобства транспортировки и хранения длинномерные материалы наматывают в рулон. Это потребует применения соответствующего оборудования.

Для намотки материала в рулон обычно используют оборудование, в котором скалка для намотки материала укладывается на два параллельных горизонтальных ролика, один из которых является ведущим, а второй ведомым. Вращение скалки, а затем и рулона, осуществляется за счет сил трения, возникающих между наматываемым материалом и поверхностями роликов. При увеличении диаметра рулона скалка поднимается в вертикальных направляющих [1, 2, 3]. Установки, выполненные по указанной схеме, позволяют получать рулоны материала правильной формы, диаметр которых достигает 2000 мм.

При намотке материала в рулон на таком оборудовании возникают две проблемы, снижающие качество намотки.

Первая проблема связана с увеличением веса рулона при изменении его диаметра в процессе намотки. Это приводит к росту нагрузки на горизонтальные ролики и их опоры.

Вторая проблема следует из первой: изменение параметров рулона приводит к изменению сил трения между наматываемым материалом и роликами, что, в свою очередь, снижает качество намотки рулона и нарушает его геометрию и плотность.

Одним из подобных недостатков является наличие перекоса материала при намотке рулона, приводящего к увеличению длины рулона и его рыхлости. Это существенно усложняет как намотку материала в рулон, транспортировку рулона, так и разматывание полотна пленки.

Для устранения указанных недостатков предлагается оборудование для намотки пленки (материала) снабдить автоматическими устройствами для компенсации веса рулона.

**Цель исследований** – теоретическое обоснование основных параметров оборудования для намотки материалов в рулон с автоматическим управлением.

**Задачи исследований** – разработать конструктивно-технологическую схему оборудования для намотки материалов в рулон и схему управления положением осей скалки; определить основные параметры контроля рабочего процесса.

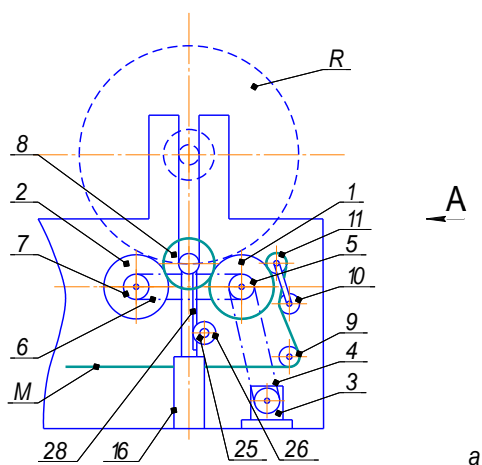
**Материалы и методы исследований.** Оборудование для намотки материала М в рулон (рис. 1) содержит два параллельных горизонтальных ролика для привода рулона R [2]. Ролик 1 является ведущим, а ролик 2 – ведомым. Вращение ведущему ролику передается от двигателя 3 цепной передачей 4. Ведомый ролик получает вращение от звездочки 5 ведущего ролика посредством цепной передачи 6 на звездочку 7. Оба ролика вращаются в одном направлении.

Между роликами размещена скалка 8 рулона, которая приводится во вращение за счет сил трения на контактирующих поверхностях. Наматываемый материал охватывает натяжные ролики 9 и 10, прижимается роликом 11 к периферии ведущего ролика и заправляется на скалку, вокруг которой впоследствии формируется рулон.

Цапфы скалки 12 и 13 размещены в подшипниковых опорах 14 и 15, закрепленных на штоках вертикально установленных гидравлических цилиндров 16 и 17. В вертикальных стенках 18 и 19 корпуса устройства расположены опоры роликов и вала 25 механической связи штоков цилиндров.

Динамометрический датчик 20 установлен на вертикальной стенке корпуса устройства и контактирует с цапфой ведущего ролика. Сигнал от датчика через электрическую систему 21 управления давлением поступает к пропорциональному клапану 22, который регулирует давление жидкости в бесштоковых (нижних) полостях цилиндров.

Питание гидроцилиндров осуществляется от насоса 23 через реверсивный распределитель 24. Механическая связь, соединяющая штоки цилиндров, содержит вал с зубчатыми колесами 26 и 27, находящимися в зацеплении с зубчатыми рейками 28 и 29, выполненными на штоках.



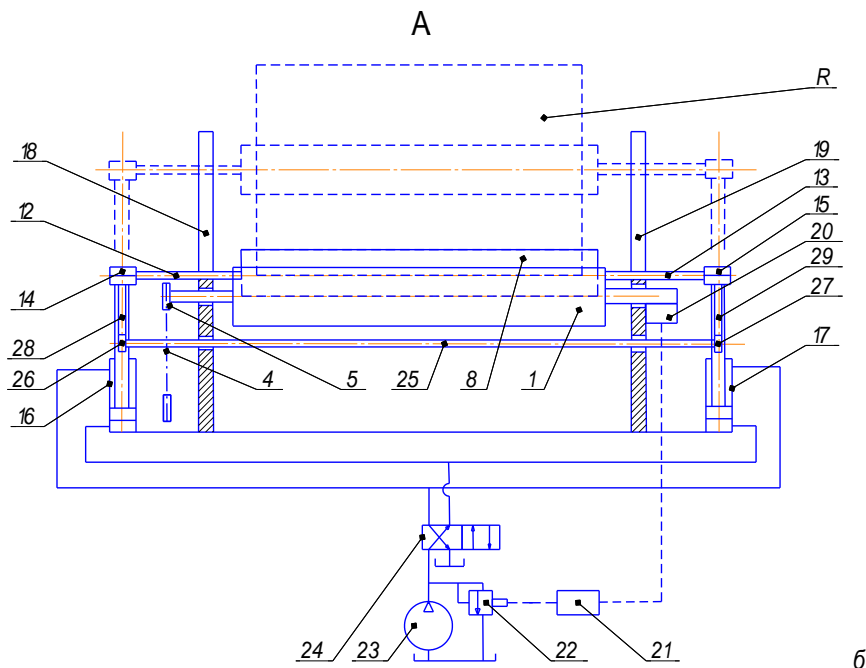


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема управления приводом скалки рулона:

- а – вид спереди; б – вид справа; 1 – ролик ведущий; 2 – ролик ведомый; 3 – двигатель; 4 – цепная передача; 5, 6, 7 – звездочка цепной передачи; 8 – скалка рулона; 9, 10, 11 – ролик; 12, 13 – ось ведомого ролика; 14, 15 – подшипниковая опора; 16, 17 – корпус гидроцилиндра; 18, 19 – вертикальные стенки корпуса опоры; 20 – динамометрический датчик; 21 – электрическая система обратной связи; 22 – пропорциональный клапан; 23 – насос; 24 – реверсивный распределитель; 25 – вал зубчатого колеса; 26, 27 – зубчатые колеса; 28, 29 – зубчатая рейка

В процессе намотки материала диаметр рулона увеличивается, возрастает его вес и нагрузка на опоры роликов. Деформационный датчик реагирует на изменение положения цапфы ведущего ролика в опоре и передает соответствующий сигнал через электрическую систему управления на систему управления положением пропорционального клапана. Настройка клапана изменяется в сторону увеличения давления рабочей жидкости в бесштоковых полостях гидроцилиндров. Силы на штоках цилиндров возрастают и компенсируют действие веса рулона на ролики.

При работе гидроцилиндров механическая связь синхронизирует движения штоков за счет зубчато-реечных передач, соединенных валом, поэтому ось стержня остается параллельной осям роликов.

Методика исследований предусматривала теоретическое обоснование показателей работы гидросистемы для обеспечения равномерной нагрузки на опоры роликов.

**Результаты исследований.** Предлагается усовершенствовать систему управления синхронизацией работы вертикальных штоков гидроцилиндров.

Оборудование, приведенное на рисунке 2, отличается от ранее рассмотренного тем, что система синхронизации движения вертикальных штоков гидроцилиндров выполнена гидравлической и имеет автоматический делитель расхода жидкости, содержащий два постоянных дросселя 25 и 26, а также двухщелевой золотниковый дросселирующий распределитель с корпусом 27 и золотником 28 [3]. Две кольцевые расточки в корпусе частично перекрыты торцами золотника и образуют дросселирующие щели на пути жидкости к бесштоковым полостям гидроцилиндров.

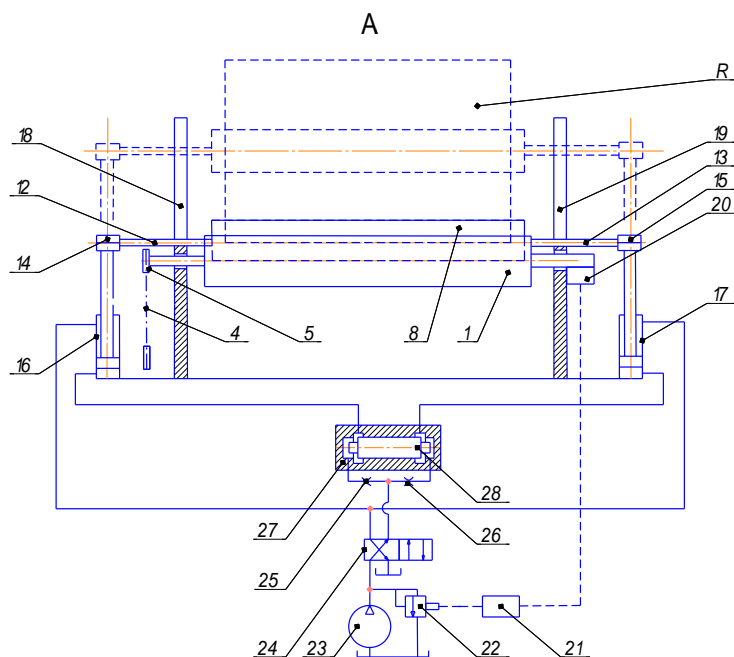


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема управления приводом скалки рулона:

- 1 – ролик ведущий; 2 – ролик ведомый; 3 – двигатель; 4 – цепная передача; 5, 6, 7 – звездочка цепной передачи;  
 8 – скалка рулона; 9, 10, 11 – ролик; 12, 13 – ось ведомого ролика; 14, 15 – подшипниковая опора;  
 16, 17 – корпус гидроцилиндра; 18, 19 – вертикальные стенки корпуса опоры; 20 – динамометрический датчик;  
 21 – электрическая система обратной связи; 22 – пропорциональный клапан; 23 – насос;  
 24 – реверсивный распределитель; 25, 26 – дроссель; 27 – корпус распределителя; 28 – золотник

Система синхронизации движения вертикальных штоков гидроцилиндров предварительно настраивается путем регулировки проходных сечений дросселей 25 и 26 таким образом, чтобы золотник в корпусе дросселирующего распределителя занимал среднее положение и расходы жидкости, поступающие через дросселирующие щели распределителя в бесштоковые полости гидроцилиндров, были одинаковыми. Предварительно настроенные проходные сечения дросселей 25 и 26 в процессе работы устройства остаются постоянными.

Если при работе устройства вертикальный шток, например гидроцилиндра 16, под действием увеличившейся нагрузки начнет двигаться медленнее штока гидроцилиндра 17, то давление жидкости под левым торцом золотника возрастет. Золотник сместится вправо до нового положения равновесия, которое наступит при выравнивании давлений под торцами золотника. Расход жидкости в гидроцилиндр 16 увеличится, а в гидроцилиндр 17 уменьшится. Отставание штока гидроцилиндра 16 будет устранено и ось стержня останется параллельной осям роликов.

Равновесие сил на скалке рулона поддерживается при соблюдении равенства

$$G_1 + G_2 + G_3 + F_1 = F_2, \quad (1)$$

где  $G_1$  – текущий вес рулона, Н,  $G_1 = f(D)$ ;  $D$  – текущий диаметр рулона, м;  $G_2$  – вес скалки, Н,  $G_2 = const$ ;  $G_3$  – вес других подвижных частей,  $G_3 = const$ ;  $F_1$  – сила противодействия в штоковых полостях цилиндров, Н,  $F_1 = 2p_1S_1 \approx const$ ;  $p_1$  – давление жидкости в штоковых полостях цилиндров, Па,  $p_1 \approx const$ ;  $S_1$  – площадь поршня в штоковой полости цилиндра, м<sup>2</sup>,  $S_1 = const$ ;  $F_2$  – подъемная (уравновешивающая) сила цилиндров, Н;  $F_2 = 2p_2S_2$ ;  $p_2$  – текущее давление жидкости в бесштоковых полостях цилиндров, Па,  $p_2 = f(G_1)$ ;  $S_2$  – площадь поршня в бесштоковой полости цилиндра, м<sup>2</sup>,  $S_2 = const$ .

Равенство расходов жидкости на выходе автоматического делителя определяется равенством перепадов давлений на постоянных дросселях.

В процессе намотки материала диаметр рулона увеличивается, возрастает его вес и нагрузка на опоры роликов. Деформационный датчик реагирует на изменение положения цапфы ведущего ролика в опоре и передает соответствующий сигнал электрической системе управления, которая управляет пропорциональным клапаном. Настройка клапана изменяется в сторону увеличения давления рабочей жидкости в бесштоковых полостях гидроцилиндров. Силы на штоках цилиндров возрастают и компенсируют действие веса рулона на ролики.

Вторая проблема возникает при вращении роликов с одинаковыми угловыми скоростями.

Если ведущий и ведомый ролики (рис. 3) вращаются с одинаковыми угловыми скоростями ( $\omega_1 = \omega_2$ ), то и окружные скорости на рабочих поверхностях роликов будут одинаковы ( $V_A^0 = V_B^0$ ). Однако количество слоев материала в рулоне, контактирующем с каждым из роликов, неодинаково. На ведущем ролике в точке А на один слой больше. В результате ось рулона смещена к оси ведомого ролика, а радиусы рулона в точках А и В контакта его с роликами будут отличаться на толщину материала:

$$\begin{aligned} OA &= r_{СК} + Sn, \\ OB &= r_{СК} + S(n-1), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $r_{СК}$  – радиус скалки;  $S$  – толщина наматываемого материала;  $n$  – количество слоев материала на ведущем ролике.

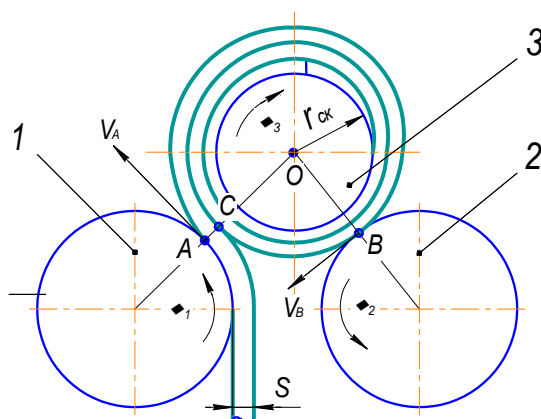


Рис. 3. Конструктивная схема намотки материала:  
1, 2 – опорные ролики; 3 – скалка

Если угловые скорости роликов равны ( $\omega_1 = \omega_2$ ), то окружные скорости наматываемого материала в точках контакта рулона с роликами при одной и той же скорости вращения рулона  $\omega_3$  будут разными, а именно окружная скорость рулона в точке А будет больше, чем в точке В ( $V_A^P > V_B^P$ ).

Зависимость между этими скоростями определяется следующим образом

$$\begin{aligned} \omega_3 &= \frac{V_A^P}{r_p}, \\ V_A^P &= \omega_3 r_p = \omega_3 (r_{СК} + Sn), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
V_B^P &= \omega_3 [r_{CK} + S(n-1)] = \omega_3 (r_{CK} + Sn - S) = \\
&= \omega_3 (r_{CK} + Sn) - \omega_3 S = V_A^P - \omega_3 S = \\
&= V_A^P - \frac{V_A^P}{r_p} S = V_A^P \left( 1 - \frac{S}{r_p} \right),
\end{aligned}$$

где  $r_p$  – текущий радиус рулона на ведущем ролике.

С увеличением радиуса рулона скорость  $V_B^P$  приближается к скорости  $V_A^P$  с различной интенсивностью при разной толщине материала.

Однако при отсутствии проскальзывания рулона относительно роликов и при равенстве их угловых скоростей ( $\omega_1 = \omega_2$ ) скорость  $V_B^P$  будет больше требуемой расчетной, именно

$$V_B^P > V_B^{\bar{C}} = \omega_2 r_2 = const, \quad (4)$$

где  $V_C^{\bar{C}}$  – окружная скорость ведомого ролика;  $r_2$  – радиус ведомого ролика.

Поэтому на участке ВС будет создаваться избыток материала и рулон будет «рыхлым».

Для устранения этого недостатка необходимо в процессе намотки рулона автоматически изменять соотношение между угловыми скоростями роликов в зависимости от увеличивающегося радиуса  $r_p$  рулона в точке А и толщины  $S$  материала [4]:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = 1 - \frac{S}{r_p}. \quad (5)$$

Этот закон управления может быть реализован с помощью электромеханической или гидравлической системы управления приводами вращения роликов [4, 5, 6].

На рисунке 4 показано устройство, которое содержит два параллельных горизонтальных ролика 1 и 2 для привода рулона R, скалку 3 для рулона, укладываемую на ролики параллельно им с возможностью подъема при увеличении диаметра рулона [5].

Гидравлический привод вращения ведущего ролика 1 включает в себя гидравлический мотор 4, насос 5 и регулятор расхода с предохранительным клапаном 6, установленный в линии питания мотора рабочей жидкостью.

Гидравлический привод вращения ведомого ролика 2 содержит гидравлический мотор 7, насос 8, предохранительный клапан 9 и однощелевой дросселирующий распределитель 10 с подпружиненным запорно-регулирующим элементом 11, установленный в сливной линии мотора.

Измеритель-преобразователь текущего радиуса рулона в перемещение запорно-регулирующего элемента 11, являющегося выходным звеном, выполнен в виде шарнирно-рычажного механизма, проектируемого по требуемому закону перемещения выходного звена, соответствующему необходимой частоте вращения ведомого ролика 2. Коромысло 12 выполнено в виде двуплечего рычага на опоре 13 с регулированием длины меньшего плеча. Большее плечо коромысла опирается на скалку 3, создавая кинематическую связь между ней и измерителем-преобразователем, а меньшее плечо имеет шкалу-указатель толщины наматываемого материала и шарнир 14, закрепленный на меньшем плече коромысла винтом 15 и соединенный с шатуном 16, передающим движение запорно-регулирующему элементу 11.

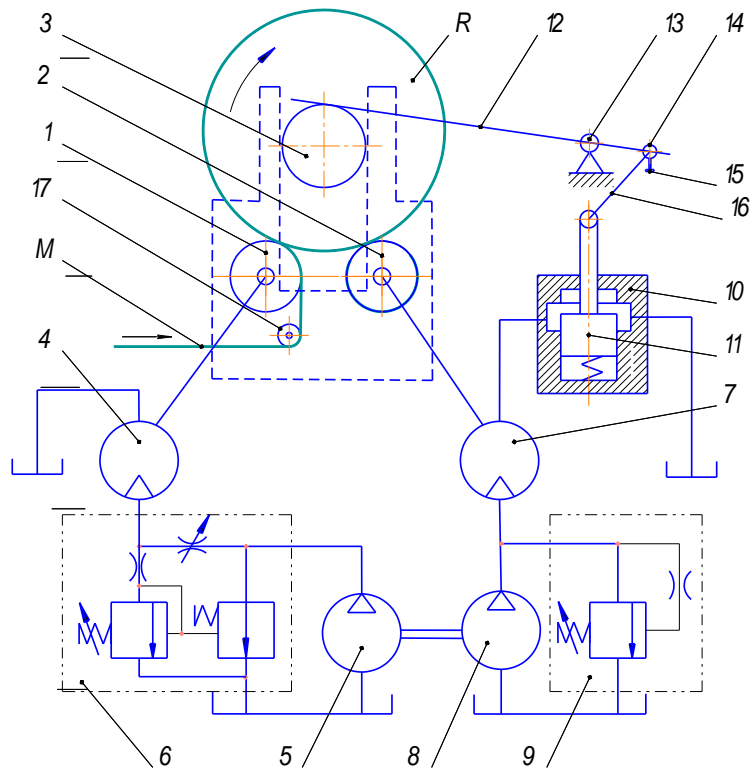


Рис. 4. Конструктивно-технологическая схема управления положением осей скалки:

1 – ведущий ролик; 2 – ведомый ролик; 3 – скалка; 4 – гидравлический мотор; 5 – насос; 6 – регулятор расхода с предохранительным клапаном; 7 – гидравлический мотор; 8 – насос; 9 – предохранительный клапан; 10 – одноцелевой дросселирующий распределитель; 11 – запорно-регулирующий элемент; 12 – коромысло; 13 – опора; 14 – шарнир; 15 – винт; 16 – шатун; 17 – направляющий валик

Максимальные длины плеч коромысла и длина шатуна конструктивно выбираются из условия обеспечения максимального хода запорно-регулирующего элемента при максимальной толщине наматываемого материала. На входе устройства имеется направляющий валик 17, обеспечивающий постоянное направление материала *M* в процессе намотки. Требуемый закон управления реализуется с помощью измерителя-преобразователя, который одновременно измеряет текущий радиус рулона и преобразует его в перемещение запорно-регулирующего элемента одноцелевого дросселирующего распределителя. Материал, поступающий из промерочно-браковочной машины (на рисунке 5 не показан), огибает направляющий валик 17 и заправляется на скалку 3. При вращении роликов 1 и 2 скалка 3 с материалом начинает вращаться за счет действия сил трения между поверхностями роликов и наматываемым материалом, и осуществляется намотка материала в рулон.

Вращательное движение ведущий ролик 1 получает от гидравлического мотора 4. Питание мотора рабочей жидкостью производится от насоса 5. Настройку вращающего момента и угловой скорости ведущего ролика, для работы устройства при намотке материалов разной плотности и толщины, обеспечивает регулятор расхода с предохранительным клапаном 6. В процессе намотки рулона эта настройка остается постоянной.

Ведомый ролик 2 вращается гидравлическим мотором 7, который питается рабочей жидкостью от насоса 8. Настройку вращающего момента и угловой скорости ведомого ролика производится предохранительным клапаном 9 и одноцелевым дросселирующим распределителем 10.

При увеличении радиуса рулона скалка 3 перемещается вверх и поворачивает опирающееся на нее большее плечо коромысла 12. Одновременно с большим плечом вокруг опоры 13 поворачивается и меньшее плечо коромысла, которое через шарниры и шатун 16 перемещает запорно-регулирующий элемент по необходимому закону.



Перемещение запорно-регулирующего элемента дросселирующего распределителя приводит к изменению расхода рабочей жидкости через гидравлический мотор ведомого ролика, а, следовательно, и к изменению угловой скорости  $\omega_2$ .

В зависимости от толщины наматываемого материала закон изменения дросселирующей щели распределителя 10 устанавливают, изменяя длину меньшего плеча коромысла 12 перемещением подвижного шарнира 14 с дальнейшей его фиксацией стопорным винтом 15 в заданном положении на шкале-указателе.

Автоматическое регулирование соотношения между скоростями ведомого и ведущего роликов позволяет получить плотный рулон и отсутствие перекоса материала при ее намотке.

**Заключение.** Разработанная конструктивно-технологическая схема оборудования для намотки материалов в рулон с предложенной системой управления положением скалки позволяет осуществлять качественную намотку материала в рулон. Наличие системы управления положением скалки и контроля за натяжением пленки по краям материала позволяет осуществлять равномерное натяжение полотна материала (пленки). Результаты теоретических изысканий позволяют установить основные параметры гидросистемы осуществляемого контроля рабочего процесса.

#### Библиографический список

1. Пат. 1727528 СССР, МПК В65Н 18/20. Устройство для тангенциальной намотки материала в рулон / Нуова Ф., Готти М. – заявл. 26.02.88 ; опубл. 15.04.92, Бюл. № 14.
2. Пат. 172033 РФ, МПК В65Н 18/20 (2006.01). Устройство для намотки материала в рулон / Симанин Н. А., Суханов Д. К. – заявл. 31.05.16 ; опубл. 26.06.17, Бюл. № 18.
3. Пат. 179213 РФ, МПК В65Н 18/20 (2006.01). Устройство для намотки материала в рулон / Голубовский В. В., Симанин Н. А. – заявл. 20.11.17 ; опубл. 04.05.18, Бюл. № 13.
4. Пат. 2099271 РФ, МПК В65Н 18/20 (1995.01). Устройство для намотки материала в рулон / Александров В. А., Железняков А. С. – заявл. 05.09.96 ; опубл. 20.12.97, Бюл. № 35.
5. Пат. 182180 РФ, МПК В65Н 18/20 (2006.01). Устройство для намотки материала в рулон / Голубовский В. В., Симанин Н. А., Нелюдов А. Д., Агафонова Ю. В. – заявл. 20.12.17 ; опубл. 06.08.18, Бюл. № 22.
6. Симанин, Н. А. Проектирование элементов и систем автоматического регулирования гидравлических приводов технологического оборудования / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский. – Пенза : Издательство Пензенского ГТУ, 2015. – 205 с.

#### References

1. Nuova, F., & Gotti, M. (1992). *Ustroistvo dlya tangencialnoi namotki materiala v rulon* [Device for tangential winding material in roll]. *Patent 1727528USSR, IPC B65H 18/20* [in Russian].
2. Simanin, N. A. & Sukhanov, D. K. (2017). *Ustroistvo dlya namotki materiala v rulon* [Device for winding material into roll]. *Patent 172033 RF, IPC B65H 18/20 (2006.01)* [in Russian].
3. Golubovskiy, V. V., & Simanin, N. A. (2018). *Ustroistvo dlya namotki materiala v rulon* [Device for winding material into roll]. *Patent 179213 RF, IPC B65H 18/20 (2006.01)* [in Russian].
4. Aleksandrov, V. A., & Zheleznyakov, A. S. (1997). *Ustroistvo dlya namotki materiala v rulon* [Device for winding material into roll]. *Patent 2099271 RF, IPC B65H 18/20 (1995.01)* [in Russian].
5. Golubovsky, V. V., Simanin, N. A., Nelyudov, A. D., & Agafonova, Yu. V. (2018). *Ustroistvo dlya namotki materiala v rulon* [Device for winding material into roll]. *Patent 182180 RF, IPC B65H 18/20 (2006.01)* [in Russian].
6. Simanin, N. A., & Golubovsky, V. V. (2015). *Proektirovanie ehlementov i sistem avtomaticheskogo regulirovaniia gidravlicheskih privodov tekhnologicheskogo oborudovaniia* [Design of elements and systems of automatic control of hydraulic drives of technological equipment]. Penza: publishing house Penza STU [in Russian].