

УДК 677.051.17

к.т.н., доц. Баранова А.А.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования «Витебский государственный технологический
университет»

Методические указания

к лабораторной работе
«Ровничные машины для хлопка»
по курсам «Механическая технология текстильных материалов» и
«Технология и оборудование текстильного производства»
для студентов специальностей
Т.17.02.00, Э.01.03.00,
Э.01.07.00, Э.01.09.00, Э.02.01.00, Э.02.02.00

Витебск
2001

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Лабораторное задание.....	4
1. Устройство и работа ровничной машины.....	4
2. Вытяжной прибор ровничной машины.....	8
3. Кручение ровницы.....	9
4. Механизмы наматывания ровницы.....	10
5. Кинематическая схема ровничной машины.....	16
6. Технологический расчет ровничной машины Р-168-3.....	17
6.1 Определение общей и частных вытяжек и чисел зубьев сменных вытяжных шестерен.....	17
6.2 Определение крутки ровницы и числа зубьев крутильной шестерни.....	19
6.3 Определение числа зубьев сменной мотальной шестерни.....	21
6.4 Определение числа зубьев сменной подъемной шестерни.....	23
6.5 Определение частоты вращения и линейной скорости рабочих органов машины.....	25
6.6 Определение производительности машины.....	26
6.7 Определение массы ровницы на катушке.....	27
6.8 Определение времени наработки съема ровницы.....	27
Литература.....	28

Лабораторное задание

1. Изучить устройство и работу ровничной машины Р-168-3.
2. Начертить технологическую схему ровничной машины.
3. Изучить устройство рогульки. Начертить схему с заправкой нити в рогульку.
4. Изучить устройство и работу дифференциала, сделать схему.
5. Изучить устройство и работу замка-механизма управления наматыванием, сделать схему.
6. Ознакомиться с кинематической схемой машины. Изучить назначение сменных элементов в передаче движения.

Домашнее задание

1. Оформить работу и дать краткое описание технологического процесса на ровничной машине.
2. Выполнить технологический расчет ровничной машины.

1 Устройство и работа ровничной машины

Лента, полученная на ленточной машине последнего перехода, обладает всеми свойствами, необходимыми для получения из нее пряжи: волокна очищены от посторонних примесей, перемешаны, распрямлены и расположены параллельно оси ленты, выровненной по толщине. Чтобы непосредственно из такой ленты получить пряжу на кольцевых прядильных машинах, ее необходимо утонить в вытяжных приборах высокой вытяжки. Однако в этом случае усложняется конструкция вытяжного прибора, затрудняется обслуживание прядильной машины. Поэтому при кольцевом способе формирования пряжи необходимое утонение ленты осуществляют чаще всего в два этапа. Сначала из ленты получают на ровничных машинах более тонкий продукт - ровницу, а затем на кольцевой прядильной машине вырабатывают пряжу требуемой линейной плотности.

Задачей ровничной машины является формирование из ленты более тонкого слегка крученого продукта - ровницы и формирование паковки. На ровничной машине осуществляются процессы: вытягивание, кручение и наматывание. При выработке тонкой пряжи в гребенной системе прядения хлопка применяют обычно два перехода ровничных машин: на первом вырабатывают ровницу из ленты, а на втором - тонкую, более равномерную, ровницу, применяя сложение двух ровниц.

В зависимости от линейной плотности получаемой ровницы машины изготавливают с различным расстоянием между веретенами, обеспечивающими

выработку ровницы с максимальной скоростью выпуска. В марках ровничных машин Р-168-3, Р-192-5, Р-260-5 числа 168, 192 и 260 показывают расстояние между веретенами. Более тонкую ровницу вырабатывают на машинах с меньшим расстоянием между веретенами.

Технологическая схема ровничной машины изображена на рисунке 1. Тазы 1 с лентой с последнего перехода ленточной машины помещают сзади ровничной машины. Для уменьшения натяжения ленты, извлекаемой из таза, и уменьшения скрытой вытяжки на машине установлен медленно вращающийся вал 2. Ленты, обогнув его, поступают в вытяжной прибор. Каждая лента направляется в вытяжной прибор водилкой 3, совершающей возвратно-поступательное движение вдоль нажимного валика и цилиндра питающей пары вытяжного прибора, что обеспечивает равномерный износ эластичных покрытий валиков. На выходе из вытяжного прибора вытянутая ленточка скручивается и превращается в ровницу 6. Крутка ленточке сообщается вследствие вращения веретена 8 с рогулькой 7. Ровница поступает в отверстие верхней части рогульки, надетой на быстро вращающееся веретено, проходит внутри полой ветви 10 рогульки, выходит из нее, огибает лапку 18 рогульки и наматывается на вращающуюся катушку 11, вследствие того, что частота вращения катушки превышает частоту вращения веретена с рогулькой. Ветвь 9 рогульки используется для уравнивания. Раскладывание витков ровницы по высоте катушки цилиндрическими слоями происходит в результате движения катушек вверх и вниз вместе с подвижной верхней кареткой 13, соединенной с рейкой 16, которая находится в зацеплении с шестерней, установленной на подъемном валу 17. Подъемный вал периодически изменяет направление вращения. В верхней каретке находятся катушечный вал 12 и шестерни, передающие движение катушкам.

В нижней неподвижной каретке 14 расположен веретенный вал 15 и шестерни, передающие движение веретенам с рогульками.

Веретена на ровничной машине размещены в два ряда в шахматном порядке, благодаря чему уменьшается площадь на одно веретено. Машина автоматически останавливается при наработке катушки заданного диаметра, при обрыве ленты, проходящей через питающее устройство, или при обрыве ровницы, выходящей из вытяжного прибора.

Принцип работы всех ровничных машин для переработки короткого волокна одинаков. Машины отличаются одна от другой устройством питающих приспособлений, конструкцией вытяжных приборов, величиной вытяжки, размерами и числом веретен (рогулек), расстоянием между веретенами, размерами паковок.

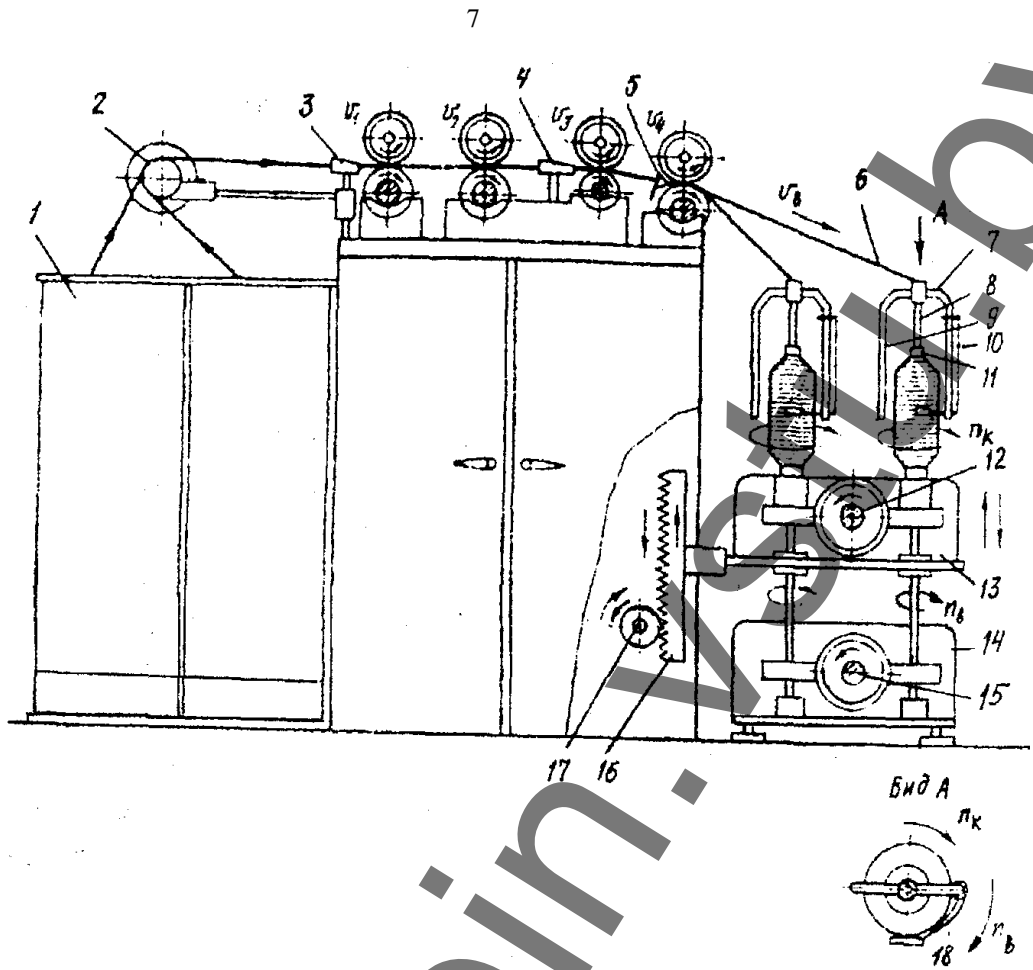


Рис. 1 Технологическая схема ровничной машины

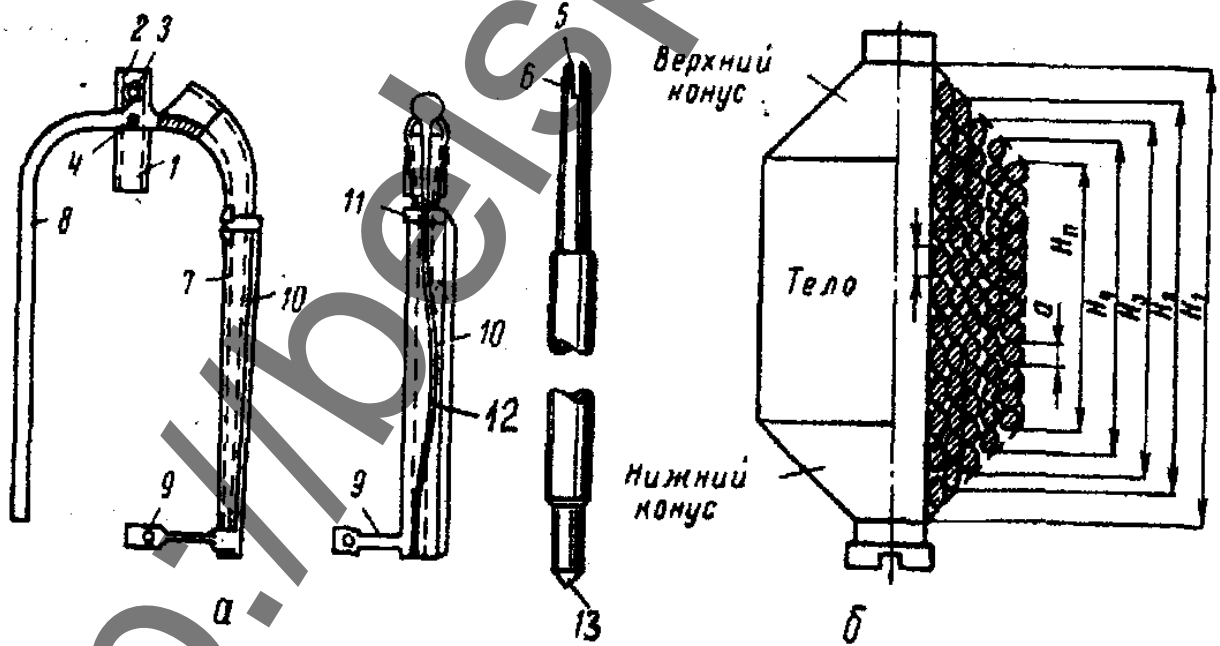


Рис. 2 Рогульчатое веретено и катушка с ровницей:
а - веретено с рогулькой; б - строение ровничной паковки

В таблице 1 приведена техническая характеристика современных ровничных машин.

Таблица 1

Техническая характеристика ровничных машин

Элементы характеристики	P-168-3	P-192-5	P-260-5
Линейная плотность ровницы, текс	100-1430	182-1430	250-1430
Длина перерабатываемого волокна, мм	28/29-41/42	27/28-40/42	27/28-40/42
Расстояние между веретенами, мм	168	192	260
Число веретен на машине	78-156	48-132	40-92
Частота вращения веретен, мин ⁻¹	600-1100	700-1300	700-1200
Крутка, кр/м	18-120	18-120	18-120
Диаметр веретена, мм	16, 19	19, 25	19, 25
Диаметр пустой катушки, мм	41	41	41
Диаметр полной катушки, мм	105, 115, 130	130, 140	140, 160
Подъем каретки, мм	200, 225, 250	250, 300	300
Тип вытяжного прибора	четырёхцилиндровый	четырёхцилиндровый или трёхцилиндровый двухрешковый	четырёхцилиндровый или трёхцилиндровый двухрешковый
Диаметры вытяжных цилиндров (по ходу продукта), мм: четырёхцилиндровый: средневолокнистый хлопок тонковолокнистый хлопок трёхцилиндровый двухрешковый	32, 32, 28, 32 35, 35, 28, 35 -	32, 32, 28, 32 - 32, 25, 32	32, 32, 28, 32 - 32, 25, 32
Диаметры нажимных валиков (по ходу продукта), мм четырёхцилиндровый трёхцилиндровый двухрешковый	32, 32, 32, 32 -	32, 32, 32, 32 32, 25, 32	32, 32, 32, 32 32, 25, 32
Разводка между цилиндрами (по ходу продукта), мм: четырёхцилиндровый трёхцилиндровый двухрешковый	35-55, 55, 32-50 -	35-55, 50, 32-50 47-50, 50	35-55, 50, 32-50 47-50, 50
Нагрузка на нажимные валки (по ходу продукта), мм: четырёхцилиндровый трёхцилиндровый двухрешковый	90, 100, 100, 110 -	100, 100, 100, 110 140, 120, 165	100, 100, 100, 110 140, 120, 165
Диаметр тазов, мм: для кардных сортировок для гребенных сортировок	500 350-400	500 400-500	500-600 400-500
Высота таза, мм	1000	1000	1000, 1100

2 Вытяжной прибор ровничной машины

Процесс вытягивания на ровничной машине применяют для утонения поступающего продукта (ленты или ровницы) и дальнейшего распрямления волокон. В процессе вытягивания получают ровницу заданной линейной плотности.

На ровничных машинах устанавливают вытяжные приборы различных типов: трехцилиндровые с последовательно возрастающей вытяжкой, четырехцилиндровые двухзонные и трехцилиндровые двухремешковые.

Наиболее распространен четырехцилиндровый двухзонный вытяжной прибор (см. рис. 1), им оснащаются ровничные машины различных марок. Рифленые цилиндры вытяжного прибора состоят из отдельных звеньев, соединенных в одну линию. Нажимные валики изготавливают из чугуна и обтягивают эластичными покрытиями.

В вытяжных приборах всех типов применяют пружинную систему нагрузки на валики с постепенно увеличивающимся давлением, от питающей пары вытяжного прибора к выпускной. В четырехзонном двухзонном вытяжном приборе она составляет 90, 100, 100, 110 по ходу продукта.

Вытяжной прибор состоит как бы из двух последовательно установленных однозонных вытяжных приборов, между которыми расположен мычкоуплотнитель 4. В зоне, где размещен мычкоуплотнитель 4, вытяжка очень маленькая ($E_2 = v_3/v_2$; $E_2 = 1,05...1,07$), т.е. только для натяжения продукта. Частная вытяжка в первой зоне вытягивания ($E_1 = v_2/v_1$; $E_1 = 1,6...3$) меньше, чем во второй ($E_3 = v_4/v_3$; $E_3 = 3...10$). Вытяжка в вытяжном приборе, равная произведению частных ($E_v = E_1 E_2 E_3$), до 30.

Приведенное разложение общей вытяжки на частные объясняется тем, что в первой зоне вытягивается более толстый продукт с большим числом волокон в поперечном сечении. В этой зоне необходимо увеличить разводку между цилиндрами, поэтому условия движения неконтролируемых волокон в поле вытягивания ухудшаются. При вытягивании продукта в результате сдвига волокон друг относительно друга продукт становится тоньше, рыхлее, уменьшается число контактов между волокнами, увеличивается ширина выходящей мычки. Для контроля за сохранением оптимальной ширины мычки, увеличения числа контактов между волокнами и обеспечения в последующей зоне вытягивания закономерного движения неконтролируемых волокон устанавливают мычкоуплотнители 4 и 5. Поэтому во второй зоне вытягивания частная вытяжка E_3 всегда берется больше первой частной вытяжки E_1 . Экспериментально установлено, что вырабатывается ровница с наименьшей

неровной по линейной плотности при соотношении вытяжек $E_3/E_1 = 1,6...1,7$.

Для уплотнения ленты перед входом в вытяжной прибор и создания более компактной мычки установлена воронкообразная водилка 3, уплотняющая входящую ленту. Мычкоуплотнители 4 и 5 совершают синхронное движение с водилкой 3 вдоль рифлей вытяжных цилиндров, что обеспечивает равномерный износ эластичных покрытий нажимных валиков.

Конструкцией вытяжного прибора предусмотрена возможность изменения разводов между цилиндрами и замены цилиндров с различными диаметрами для переработки средневолокнистого и длинноволокнистого хлопка.

Разводка между вытяжными парами в первой и второй зонах вытягивания переменная и устанавливается в зависимости от длины волокна: в первой зоне - 35-55 мм, во второй - 32-50 мм. В зоне уплотнения разводка постоянная, равная 45 мм.

Выпускной цилиндр расположен ниже других на 6 мм. Это уменьшает дугу обтекания и несколько изгибает поле вытягивания в выпускной зоне, что улучшает условия вытягивания и снижает обрывность ровницы.

3 Кручение ровницы

На ровничных машинах применяется однозонный способ кручения, совмещенный с наматыванием.

Органами кручения на ровничной машине являются веретено с надетой на него рогулькой (рис. 2).

Рогулька состоит из втулки 1 со сквозным каналом 2 и боковым отверстием 3. Поперек канала проходит шпилька 4, посредством которой рогулька закрепляется в прорези 5 веретена 6. Рабочая (полая) ветвь 7 рогульки представляет собой изогнутую трубку с искривленной прорезью 12 для быстрой заводки ровницы. Сплошная ветвь 8 служит для уравнивания полой ветви. Лапка 9 рогульки представляет одно целое со стержнем 10, который дужкой 11 охватывает полую ветвь рогульки. Конец лапки имеет вырез, через который заправляется ровница и во время работы она прижимает последнюю к наматываемой паковке.

Веретено представляет собой круглый стальной стержень с прорезью на верхнем конце, в которую входит шпилька рогульки. Нижний конец веретена заостряется в виде пятки 13, которой оно опирается в подпятник, установленный в нижней каретке машины. Веретена получают движение от прутковых валов через конические или винтовые шестерни.

Крутка ровницы осуществляется за счет вращения веретена с рогулькой. Величина крутки определяется числом кручений на единицу длины ровницы.

Величину крутки для ровницы заданной линейной плотности выбирают в зависимости от длины волокна и определяют по формуле

$$K = \frac{\alpha_T \cdot 100}{\sqrt{T}},$$

где K - крутка ровницы, кр/м;

T - линейная плотность ровницы, текс;

α_T - коэффициент крутки.

При вращении веретена образуются витки крутки, которая накладывается на мычку, выпускаемую выпускной парой вытяжного прибора. Одно кручение возникает тогда, когда веретено с рогулькой сделает один оборот. Зная скорости рабочих органов машины, участвующих в кручении ровницы, можно определить ее крутку на машине

$$K = \frac{n_{\text{вер}}}{v_{\text{вып}}},$$

где K - крутка ровницы, кр/м;

$n_{\text{вер}}$ - частота вращения веретена, мин⁻¹;

$v_{\text{вып}}$ - скорость выпуска ровницы, м/мин.

4 Механизмы наматывания ровницы

Наматывание ровницы осуществляется за счет разницы в частоте вращения катушки и веретена. На всех ровничных машинах хлопкопрядильного производства катушки вращаются с большей скоростью, чем веретено. Один виток ровницы наматывается тогда, когда катушка обгоняет веретено с рогулькой на один оборот.

Длина ровницы, наматываемой на катушку, должна равняться длине ровницы, выходящей из выпускной пары вытяжного прибора. Это равенство выражается формулой, получившей название первого уравнения наматывания:

$$\pi d_n (n_k - n_{\text{вер}}) = v_{\text{вып}} E_0,$$

где n_k - частота вращения катушки, мин⁻¹;

$n_{\text{вер}}$ - частота вращения веретена, мин⁻¹;

d_n - диаметр наматывания ровницы, м;

$v_{\text{вып}}$ - скорость выпуска ровницы, м/мин.

E_0 - вытяжка между катушкой и выпускной парой вытяжного прибора.

Решив его относительно частоты вращения катушки, получим:

$$n_k = n_{\text{вер}} + \frac{v_{\text{вып}} E_0}{\pi d_n}.$$

По мере наматывания ровницы диаметр наматывания d_n увеличивается, так как ровницу наматывают цилиндрическими слоями, укладывая их друг на друга (см. рис. 2). Чтобы сохранить приведенное выше равенство, на машине автоматически изменяется частота вращения катушки в соответствии с изменением диаметра наматывания. Она уменьшается с увеличением диаметра наматывания.

Ровница раскладывается вдоль катушки за счет возвратно-поступательного перемещения катушки вместе с верхней кареткой машины в вертикальном направлении. Плотная укладка витков ровницы обеспечивается правильным выбором скорости перемещения верхней каретки, которая определяется из второго уравнения наматывания:

$$v_{\text{кар}} = \frac{v_{\text{вып}} E_0}{\pi d_n} h,$$

где $v_{\text{кар}}$ - скорость перемещения верхней каретки, мм/мин;

h - шаг витков ровницы, мм.

Как видно из уравнения, вследствие увеличения диаметра наматывания d_n скорость перемещения верхней каретки должна уменьшаться. При работе машины эта скорость меняется автоматически в соответствии с изменением диаметра наматывания.

Таким образом механизмы наматывания на ровничной машине в соответствии с изменением диаметра наматывания должны изменять скорость вращения катушек, скорость возвратно-поступательного движения верхней каретки, а также направление движения каретки в крайних положениях и с каждым новым слоем уменьшать размах этого движения.

Одни рабочие органы ровничной машины (вытяжной прибор, веретена) имеют постоянную скорость, а другие (катушки, верхняя каретка) - переменную в зависимости от текущего диаметра намотки. Для изменения скорости катушек и каретки в кинематической схеме машины предусмотрен вариатор скорости в виде конических барабанов. Из первого и второго условий наматывания видно, что переменная составляющая скорости $v_{\text{вып}} E_0 / (\pi d_n)$ одинакова для катушки и каретки и равна числу витков ровницы, наматываемых на катушку за 1 мин, а это число различно и зависит от диаметра намотки d_n . С каждым новым слоем намотки переменная скорость от конических барабанчиков должна уменьшаться.

Следовательно, в кинематической схеме можно использовать один вариатор скорости, но так как частота вращения катушки складывается из постоянной части, равной частоте вращения веретена, и переменной части, по-

ступающей от конических барабанчиков, то сложение этих двух частей и передачу суммарной частоты вращения катушкам осуществляет дифференциальный механизм.

Схема дифференциального механизма ровничных машин современной конструкции показана на рис. 3. Первой (ведущей) шестерней является шестерня 32 зуб., установленная на втулке. На этой же втулке установлена звездочка, получающая движение от нижнего конического барабана. Таким образом, переменная часть частоты вращения катушек поступает на первую шестерню дифференциального механизма.

Последней (ведомой) шестерней является шестерня с внутренним зацеплением, жестко закрепленная на главном валу. Эта шестерня имеет 96 зуб. и получает от главного вала постоянную часть частоты вращения катушек. В передаче от ведущей шестерни к ведомой имеется две планетарные шестерни по 32 зуб. Оси шестерен закреплены в водиле, установленном на втулке. На этой же втулке установлена звездочка, от которой движение передается к катушкам. В дифференциальном механизме данной конструкции водило является органом, передающим катушкам суммарную скорость. Таким образом, частота вращения, передаваемая катушкам, равна частоте вращения водила дифференциального механизма.

Частоту вращения водила определяют, пользуясь формулой Виллиса,

$$\pm i = \frac{n - a}{m - a},$$

где i - передаточное число дифференциального механизма;

n - частота вращения ведомой шестерни, мин^{-1} ;

m - частота вращения ведущей шестерни, мин^{-1} ;

a - частота вращения водила, мин^{-1} .

Знак при i выбирают в зависимости от направления вращения ведущей и ведомой шестерен при остановленном водиле. Если эти шестерни вращаются в одном направлении, то ставят плюс (+), если в разном, то ставят минус (-). В рассматриваемом дифференциальном механизме ведущая и ведомая шестерни вращаются в противоположных направлениях. Следовательно, формула Виллиса для этого механизма имеет вид:

$$-i = \frac{n - a}{m - a}.$$

Решая эту формулу относительно частоты вращения водила a , получаем:

$$a = \frac{n + mi}{1 + i}.$$

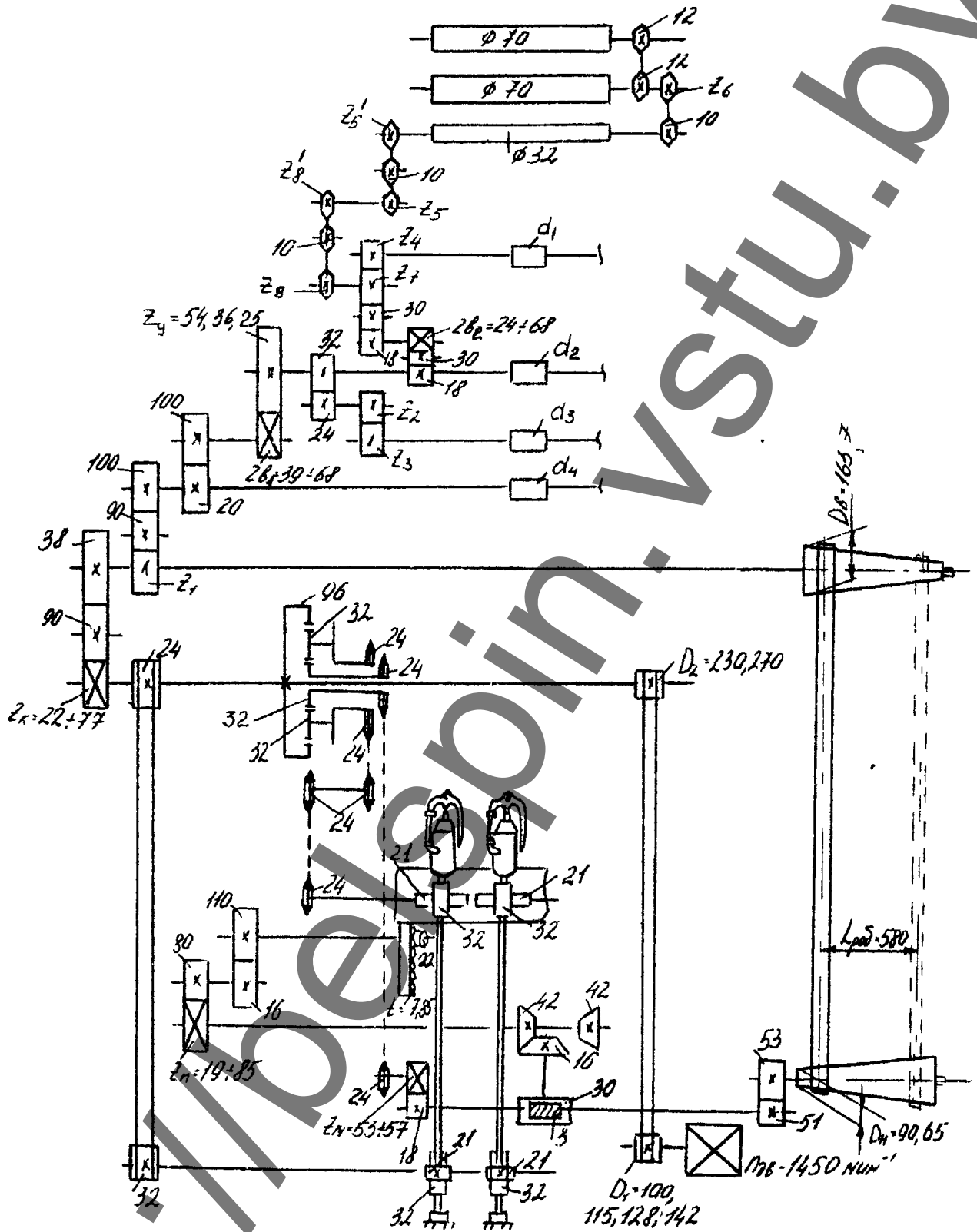


Рис. 3 Кинематическая схема ровничной машины Р-168-3

Работой ровничной машины по мере наматывания катушки с ровницей управляет специальный механизм, называемый механизмом управления намоткой или замком (рис. 4). Он выполняет следующие функции:

- изменяет направление движения верхней каретки;
- перемещает ремень на конических барабанчиках для уменьшения частоты вращения катушки и скорости верхней каретки;
- уменьшает ход верхней каретки для образования конусов на катушке.

Направление движения верхней каретки изменяется следующим образом. Когда брус 1, к которому прикреплена верхняя каретка идет вниз верхний упор кронштейна 2, изготовленного в виде скобы, встречает верхнюю гайку 4 винта-тяги 3 и заставляет ее также перемещаться вниз. В результате вниз перемещается винт-тяги 3 с корпусом 6, в котором расположен подпружинник ролик 7, который опускаясь по вертикальной плоскости качалки 8, поворачивает ее по часовой стрелке, переключая через тяги 12 тарельчатые шестерни 13, находящиеся в зацеплении с шестерней 18. В результате каретка изменяет направление своего перемещения и движется вверх.

Ремень 21 на конических барабанах передвигается под действием груза 19, который стремится сдвинуть ремень вправо. Однако пока храповик 17 закрыт одной из собачек 15 или 16, этого произойти не может. Только после поворота качалки 8 переключение собачек позволит через шестеренчатую передачу повернуть храповик на пол зуба в результате чего трос 20 сможет сместить ремень 21 на конических барабанчиках на небольшую величину вправо при крайних положениях верхней каретки. Таким образом изменяется передаточное отношение от нижнего конического барабанчика к дифференциалу и верхней каретке.

Размах верхней каретки по мере наматывания катушки с ровницей уменьшается вследствие расхождения гаек 4 и 5 на винте-тяги 3. При каждом переключении храповика 17 через шестеренную передачу поворачивается на небольшой угол винт-тяги 3, что вызывает расхождение на нем гаек. При последующем опускании верхней каретки она раньше нажмет кронштейном 2 на верхнюю гайку 4 винта-тяги 3, следовательно раньше вызовет поворот качалки 8 и переключение храповика 17. Это и приведет к уменьшению размаха движения каретки 1 и высоты наматывания слоев.

По мере наматывания ровницы ремень вариатора скорости достигает крайнего положения, отводка ремня воздействует на конечный выключатель и машина автоматически останавливается. После снятия съема катушек механизм управления намоткой подготавливают к работе.

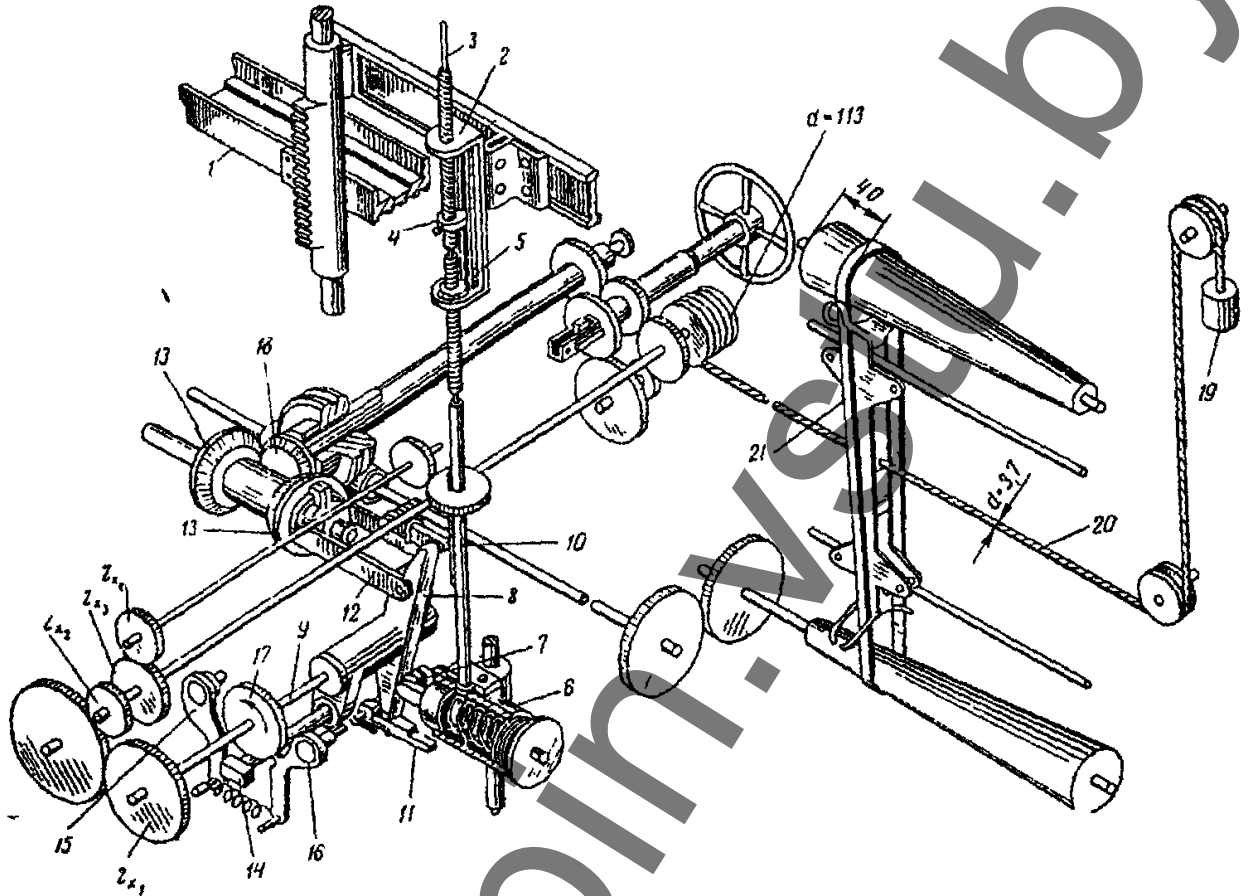


Рис. 4 Механизм управления (замок) ровничной машины Р-168-3

Быстрота изменения частоты вращения катушек и скорости перемещения верхней каретки во время работы машины определяется перемещением ремня по коническим барабанчикам за каждое переключение механизма управления намоткой. При заправке машины для выработки ровницы другой линейной плотности следует изменить и величину смещения ремня. Для изменения величины смещения ремня храповик не меняют, а изменяют число зубьев сменных шестерен замка Z_{x1} и Z_{x2} . Для изменения угла конусов паковки изменяют число зубьев сменных шестерен замка Z_{x3} и Z_{x4} .

5 Кинематическая схема ровничной машины

Передача движения рабочим органам ровничной машины Р-168-3 показана на кинематической схеме, представленной на рис. 3. В кинематической схеме ровничной машины предусмотрены сменные шестерни.

Для изменения общей вытяжки в вытяжном приборе, что необходимо для получения ровницы заданной линейной плотности, а также для изменения разложения общей вытяжки на частные служат вытяжные сменные шестерни: $z_{в1}$ для изменения частной вытяжки в выпускной зоне и $z_{в2}$ для изменения частной вытяжки в питающей зоне вытяжного прибора. С увеличением числа зубьев вытяжной шестерни $z_{в1}$ вытяжка уменьшается, а линейная плотность ровницы увеличивается.

Крутку ровницы изменяют с помощью сменной крутильной шестерни Z_k , установленной в передаче от главного вала к валу верхнего конического барабанчика и далее к вытяжному прибору. При ее смене меняется скорость выпуска ровницы вытяжным прибором, что при постоянной частоте вращения веретен приводит к изменению крутки ровницы. Число зубьев крутильной шестерни прямо пропорционально скорости выпускного цилиндра. Повышение скорости выпускного цилиндра вызывает увеличение длины выпускаемой ровницы и при том же числе оборотов веретен крутка ровницы уменьшается, а производительность машины увеличивается. При смене крутильной шестерни меняются также частота вращения катушек и скорость перемещения верхней каретки, что позволяет сохранить постоянство натяжения ровницы при наматывании.

Натяжение ровницы изменяют с помощью сменной мотальной шестерни Z_m . Это шестерня установлена в передаче от нижнего конического барабанчика к дифференциальному механизму. При ее смене меняется частота вращения катушек, что при постоянной скорости выпуска приводит к изменению натяжения ровницы. Мотальная шестерня влияет на добавочную скорость вращения катушек, и ее меняют только тогда, когда скорость наматывания ровницы не соответствует скорости выпуска, т.е. при чрезмерном или

недостаточном натяжении ровницы. Это возможно, когда диаметр катушки не соответствует нормальному.

Для изменения скорости перемещения верхней каретки, что необходимо для изменения шага укладки ровницы на катушку по вертикали при изменении линейной плотности вырабатываемой ровницы, служит сменная подъемная шестерня Z_n . Она установлена в передаче от вала нижнего конического барабанчика к подъемному валу. Число зубьев этой шестерни прямо пропорционально скорости движения каретки и обратно пропорционально корню квадратному от линейной плотности ровницы.

6 Технологический расчет ровничной машины Р-168-3

Технологический расчет машины проводят, пользуясь кинематической схемой, представленной на рис. 3. На машине из ленты 3,34 ктекс вырабатывается ровница 357 текс из средневолокнистого хлопкового волокна длиной 34/35 мм.

Диаметр шкива на электродвигателе $D_1 = 115$ мм, диаметр шкива на главном валу машины $D_2 = 230$ мм.

Значения чисел зубьев ряда сменных шестерен и звездочек, зависящих от диаметра цилиндров вытяжного прибора, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Число зубьев сменных шестерен и звездочек

Диаметры цилиндров, мм				Число зубьев сменных шестерен и звездочек							
d_1	d_2	d_3	d_4	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	$Z_5 Z_5'$	Z_6	Z_7	$Z_8 Z_8'$
32	32	28	32	28	18,20	20	22	10-16	22,23,24	20	10,11

6.1 Определение общей и частных вытяжек и чисел зубьев сменных вытяжных шестерен

Общая вытяжка в вытяжном приборе

$$E = \frac{v_{\text{вып}}}{v_{\text{пит}}} = \frac{\pi d_{\text{в}} n_{\text{в}}}{\pi d_{\text{п}} n_{\text{п}}} = \frac{d_{\text{в}} n_{\text{в}}}{d_{\text{п}} n_{\text{п}}}$$

Определяем частоту вращения выпускного цилиндра в зависимости от частоты вращения питающего цилиндра

$$n_B = n_{II} \frac{Z_4}{18} \cdot \frac{Z_{B2}}{18} \cdot \frac{Z_9}{Z_{B1}} \cdot \frac{100}{20}.$$

При переработке средневолокнистого хлопкового волокна и диаметрах цилиндров 32, 32, 28, 32 мм можно принять следующие числа зубьев шестерен:

$$Z_4 = 22 \text{ (см. табл. 2); } Z_9 = 36 \text{ (см. рис. 3).}$$

Тогда

$$n_B = n_{II} \frac{22}{18} \cdot \frac{Z_{B2}}{18} \cdot \frac{36}{Z_{B1}} \cdot \frac{100}{20} = 12,21 \frac{Z_{B2}}{Z_{B1}} n_{II}.$$

$$E = \frac{32}{32} \cdot 12,21 \frac{Z_{B2}}{Z_{B1}} = 12,21 \frac{Z_{B2}}{Z_{B1}}.$$

Частная вытяжка в первой (задней) зоне вытягивания

$$E_1 = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\pi d_2 n_2}{\pi d_1 n_1} = \frac{d_2 n_2}{d_1 n_1}.$$

Частоту вращения второго по ходу продукта цилиндра определяют через частоту вращения питающего цилиндра

$$E_1 = \frac{32}{32} \cdot \frac{22}{18} \cdot \frac{Z_{B2}}{18} = 0,068 Z_{B2}.$$

Частная вытяжка в нейтральной зоне

$$E_2 = \frac{v_3}{v_2} = \frac{\pi d_3 n_3}{\pi d_2 n_2} = \frac{d_3 n_3}{d_2 n_2}.$$

По аналогии с предыдущим имеем

$$E_2 = \frac{28}{32} \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{Z_2}{Z_3} = \frac{28}{32} \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{18}{20} = 1,05.$$

Частная вытяжка во второй (передней) зоне вытягивания

$$E_3 = \frac{v_4}{v_3} = \frac{\pi d_4 n_4}{\pi d_3 n_3} = \frac{d_4 n_4}{d_3 n_3} = \frac{32}{28} \cdot \frac{20}{18} \cdot \frac{24}{32} \cdot \frac{36}{Z_{B1}} \cdot \frac{100}{20} = \frac{171}{Z_{B1}}.$$

Общая вытяжка как произведение частных

$$E = 0,068 Z_{B2} \cdot 1,05 \cdot \frac{171}{Z_{B1}} = 12,21 \frac{Z_{B2}}{Z_{B1}}.$$

При определении общей и частных вытяжек получены постоянные числа этих вытяжек. Для общей вытяжки это 12, 21; для вытяжки в задней зоне вытягивания - 0,068 и для вытяжки в передней зоне вытягивания - 171.

Для расчета числа зубьев сменных вытяжных шестерен необходимо принять соотношение между частными вытяжками. Экспериментально уста-

новлено, что это соотношение находится в пределах 1,5-1,9. Для расчета отношения вытяжек принято $E_3 / E_1 = 1,7$.

Общая вытяжка в вытяжном приборе

$$E = \frac{T_{л}}{T_{п}} = \frac{3340}{357} = 9,35.$$

Общая вытяжка по передаче

$$E = 12,21 \frac{Z_{в2}}{Z_{в1}}.$$

Приравниваем

$$12,21 \frac{Z_{в2}}{Z_{в1}} = 9,35,$$

отсюда

$$Z_{в1} = \frac{12,21}{9,35} Z_{в2} = 1,307 Z_{в2}.$$

Соотношение частных вытяжек

$$\frac{E_3}{E_1} = \frac{171}{Z_{в1} \cdot 0,068 Z_{в2}} = 1,7, \quad \text{или} \quad \frac{2513}{Z_{в1} Z_{в2}} = 1,7,$$

отсюда $Z_{в1} Z_{в2} = 1480$.

Подставляем значение $Z_{в1}$ и получаем

$$1,307 Z_{в2}^2 = 1480,$$

отсюда

$$Z_{в2} = \sqrt{\frac{1480}{1,307}} = 33,6.$$

Принимаем $Z_{в2} = 34$ зуб.

Тогда $Z_{в1} = 1,307 Z_{в2} = 1,307 \cdot 34 = 44,3$

Принимаем $Z_{в1} = 44$ зуб.

6.2 Определение крутки ровницы и числа зубьев крutorialной шестерни

Крутку ровницы определяют по формуле

$$K = \frac{\alpha_T \cdot 100}{\sqrt{T}}.$$

Коэффициент крутки α_T берут из таблицы 3 или 4.

Коэффициент крутки α_T ровницы в кардном прядении в зависимости от ее линейной плотности и длины волокна

Линейная плотность ровницы, текс	При длине волокна, мм								
	38/40	37/39	35/37	33/34	32/33	31/32	30/31	29/30	28/29
Больше 1110	7,02	7,24	8,03	9,8	9,93	10	10,15	10,23	10,38
1000-770	7,45	7,62	8,27	9,93	10,08	10,28	10,28	10,38	10,46
714-588	7,9	8,16	8,53	10,38	10,591	10,59	10,65	10,75	10,88
556-476	8,27	8,5	8,93	11,08	11,08	11,19	11,45	11,58	11,64
455-400	8,53	8,78	9,44	11,45	11,58	11,64	11,7	11,9	11,96
384-334	8,73	8,98	9,68	11,58	11,64	11,77	11,9	11,96	12,09
323-286	8,97	9,26	9,93	11,7	11,83	11,9	12,06	12,15	12,21
278-250	9,26	9,57	10,23	11,9	11,96	12,15	12,21	12,34	12,4
244-217	9,57	9,8	10,38	11,96	12,09	12,21	12,28	12,4	12,46
213-188	9,92	10,08	10,65	12,15	12,3	12,4	12,46	12,69	12,81
181-167	10,08	10,23	11,08	12,41	12,59	12,69	12,81	12,91	13,04
164-133	10,23	10,4	11,19	12,59	12,69	12,81	12,91	13,04	13,13
130-118	10,4	10,55	11,32	12,69	12,81	12,91	13,04	13,13	-
119-95	10,65	10,88	11,45	12,81	12,91	13,04	13,13	-	-
95 и менее	10,88	11,58	11,58	12,91	13,04	13,13	-	-	-

Таблица 4

Коэффициент крутки α_T ровницы в гребенном прядении в зависимости от линейной плотности ровницы и длины волокна

Линейная плотность ровницы, текс	При длине волокна, мм				
	38/40	37/39	35/37	33/34	30/32
До 1110	6,72	6,9	7,64	9,35	9,45
1000-770	7,11	7,25	7,85	9,45	9,6
714-588	7,52	7,77	8,12	9,89	10,05
556-476	7,88	8,12	8,5	10,56	10,56
455-400	8,12	8,37	9	10,9	11,02
384-334	8,37	8,56	9,2	11,02	11,08
323-286	8,56	8,81	9,45	11,16	11,23
278-250	8,81	9,14	9,76	11,3	11,39
244-217	9,14	9,35	9,89	11,39	11,50
213-188	9,45	9,6	10,13	11,56	11,71
186-167	9,6	9,76	10,56	11,88	11,97
164-133	9,76	9,89	10,63	11,97	12,07
130-118	9,89	10,05	10,78	12,07	12,19
119-95	10,13	10,35	10,9	12,19	12,28
95 и менее	10,35	10,56	11,02	11,9	12,41

Для ровницы 357 текс, полученной из хлопкового волокна длиной 34/35 мм: $\alpha_T = 10,15$.

$$K = \frac{10,15 \cdot 100}{\sqrt{357}} = 53,7 \text{ кр/м.}$$

Исходя из скоростей рабочих органов машины

$$K = \frac{n_{\text{вер}}}{v_{\text{вып}}} = \frac{n_{\text{вер}}}{\pi d_{\text{в}} n_{\text{в}}}.$$

Частоту вращения веретена выражаем через частоту вращения выпускного цилиндра вытяжного прибора, тогда

$$K = \frac{100}{Z_1} \cdot \frac{38}{Z_k} \cdot \frac{24}{32} \cdot \frac{32}{21} \cdot \frac{1}{\pi d_{\text{н}}} = \frac{100}{28} \cdot \frac{38}{Z_k} \cdot \frac{24}{32} \cdot \frac{32}{21} \cdot \frac{1}{3,14 \cdot 0,032} = \frac{1544}{Z_k},$$

где 1544 - постоянное число крутки.

Отсюда

$$Z_k = \frac{1544}{K} = \frac{1544}{53,7} = 28,8.$$

Принимаем $Z_k = 29$ зуб.

6.3 Определение числа зубьев сменной мотальной шестерни

Число зубьев мотальной шестерни определяет частоту вращения катушки и, следовательно, натяжение ровницы между катушкой и выпускной парой вытяжного прибора.

Натяжение ровницы на этом участке зависит от вытяжки, которую можно определить по формуле

$$E_0 = \frac{v_{\text{н}}}{v_{\text{вып}}},$$

где $v_{\text{н}}$ - скорость наматывания, м/мин;

$v_{\text{вып}}$ - скорость выпускного цилиндра вытяжного прибора, м/мин.

Скорость наматывания

$$v_{\text{н}} = \pi d_{\text{н}} n_{\text{н}} = \pi d_{\text{н}} (n_{\text{к}} - n_{\text{вер}})$$

где $d_{\text{н}}$ - диаметр наматывания, м;

$n_{\text{к}}$ - частота вращения катушки, мин⁻¹;

$n_{\text{вер}}$ - частота вращения веретена, мин⁻¹.

Частоту вращения катушки определяем, зная частоту вращения водила дифференциального механизма:

$$n_k = a i_{д-к},$$

где $i_{д-к}$ - передаточное число от дифференциала к катушкам.

Частоту вращения водила определяем, исходя из формулы Виллиса:

$$a = \frac{n + m i}{1 + i},$$

где n - частота вращения ведомой шестерни дифференциала, мин^{-1} ;

m - частота вращения ведущей шестерни, мин^{-1} ;

i - передаточное число дифференциала.

Пользуясь кинематической схемой, определяем

$$\begin{aligned} n &= n_{дв} \frac{D_1}{D_2} \eta = 1450 \cdot \frac{115}{230} \cdot 0,98 = 710 \text{ мин}^{-1}; \\ m &= 710 \cdot \frac{Z_k}{38} \cdot \frac{D_B}{D_H} \cdot 0,97 \cdot \frac{53}{51} \cdot \frac{18}{Z_M} \cdot \frac{24}{24} = \\ &= 710 \cdot \frac{29}{38} \cdot \frac{163,7}{90,65} \cdot 0,97 \cdot \frac{53}{51} \cdot \frac{18}{Z_M} \cdot \frac{24}{24} = \frac{17720}{Z_M}. \end{aligned}$$

В начальный момент наматывания, когда ровница наматывается на пустую катушку, ремень находится в начальном положении, которому соответствуют диаметры конических барабанчиков: $D_B = 163,7$ мм, $D_H = 90,65$ мм. Число зубьев сменной крутильной шестерни по расчету $Z_k = 29$.

Передаточное число дифференциала

$$i = \frac{32}{96} = \frac{1}{3}.$$

Частота вращения водила дифференциала

$$a = \frac{710 + \frac{17720}{Z_M} \cdot \frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3}} = 533 + \frac{4430}{Z_M}.$$

Частота вращения катушки

$$n_k = \left(533 + \frac{4430}{Z_M} \right) \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{32}{21} = 812 + \frac{6750}{Z_M} \text{ мин}^{-1}$$

Частота вращения веретена

$$n_{вер} = 710 \cdot \frac{24}{32} \cdot \frac{32}{21} = 812 \text{ мин}^{-1}$$

Частота вращения выпускного цилиндра вытяжного прибора

$$n_B = 710 \cdot \frac{Z_K}{38} \cdot \frac{Z_1}{100} = 710 \cdot \frac{29}{38} \cdot \frac{28}{100} = 151,7 \text{ мин}^{-1}$$

Полученные значения подставляем в формулу, определяющую вытяжку между катушкой и выпускным цилиндром, приняв диаметр наматывания равным диаметру пустой катушки ($d_n = 41 \text{ мм}$):

$$E_0 = \frac{\pi \cdot 41 \left(812 + \frac{6750}{Z_M} - 812 \right)}{\pi \cdot 32 \cdot 151,7} = \frac{57}{Z_M}$$

Отсюда $Z_M = \frac{57}{E_0}$.

Вытяжка между катушкой и выпускной парой вытяжного прибора не должна превышать 1,5%. Принимаем $E_0 = 1,015$.

Тогда

$$Z_M = \frac{57}{1,015} = 56,2.$$

Принимаем $Z_M = 56$ зуб.

6.4 Определение числа зубьев сменной подъемной шестерни

Скорость перемещения верхней каретки определяется вторым уравнением наматывания:

$$v_K = n_H h,$$

где h - шаг витков ровницы, мм.

Скорость наматывания равна переменной части скорости катушек. Следовательно, $n_H = \frac{6750}{Z_M}$.

Высоту витка ровницы S_h определяют исходя из числа витков ровницы, приходящихся на 1 см высоты катушки,

$$S_h = \frac{B_T}{\sqrt{T_P}}.$$

Для ровницы линейной плотности 357 текс $B_T = 79$ (табл. 5). Следовательно,

$$S_h = \frac{79,0}{\sqrt{357}} = 4,18 \text{ витка.}$$

Шаг наматывания ровницы, или высота одного витка,

$$h = \frac{10}{S_h} = \frac{10}{4,18} = 2,4 \text{ мм}$$

Скорость перемещения верхней каретки

$$v_k = \frac{6750}{Z_m} \cdot 2,4 = \frac{6750}{56} \cdot 2,4 = 289 \text{ мм/мин.}$$

Таблица 5

Коэффициент Вт

Тр, текс	Вт	Тр, текс	Вт	Тр, текс	Вт
2500	49	476	71,7	263	86,2
2000	50,6	455	72,6	257	86,8
1668	52,2	435	73,6	250	87,5
1430	53,6	417	74,5	244	88
1250	55,4	400	76,2	238	88,5
1112	56,8	385	76,7	233	88,9
1000	58,1	370	77,8	227	89,5
910	59,4	357	79	200	95,4
833	60,6	345	79,6	182	87,3
770	61,9	333	80,5	167	99,2
714	63,2	323	81,4	154	101,2
666	64,5	313	82,1	143	102,8
625	65,7	303	82,8	133	104,2
588	67	294	83,6	125	105,5
556	69,2	286	84,4	118	106,8
526	69,5	278	85,3	111	107,7
500	70,5	270	85,6	106	108,6

По кинематической схеме скорость верхней каретки

$$v_k = n_{п.в} \cdot t_p \cdot Z_p,$$

где $n_{п.в}$ - частота вращения подъемного вала, мин^{-1} ;

t_p - шаг зубчатой рейки, мм;

Z_p - число зубьев реечной шестерни подъемного вала.

$$v_k = 710 \cdot \frac{Z_k}{38} \cdot \frac{163,7}{90,65} \cdot 0,97 \cdot \frac{53}{51} \cdot \frac{3}{30} \cdot \frac{16}{42} \cdot \frac{Z_{п.в}}{80} \cdot \frac{16}{110} \times$$

$$\times 7,85 \cdot 22 = 710 \cdot \frac{29}{38} \cdot \frac{163,7}{90,65} \cdot 0,97 \cdot \frac{53}{51} \cdot \frac{3}{30} \cdot \frac{16}{42} \cdot \frac{Z_{п.в}}{80} \cdot \frac{16}{110} \cdot 7,85 \cdot 22 = 11,8 Z_{п.в}$$

Приравнявая, получаем:

$$11,8 Z_{п.в} = 289,$$

отсюда

$$Z_{\pi} = \frac{289}{11,8} = 24,5$$

Принимаем $Z_{\pi} = 25$ зуб.

6.5 Определение частоты вращения и линейной скорости рабочих органов машины

Главный вал

$$n_1 = n_{\text{дв}} \cdot \frac{D_1}{D_2} \cdot \eta = 1450 \cdot \frac{115}{230} \cdot 0,98 = 710 \text{ мин}^{-1}.$$

Веретено

$$n_2 = n_{\text{вер}} = 710 \cdot \frac{24}{32} \cdot \frac{32}{21} = 812 \text{ мин}^{-1}.$$

Катушка (в начале наматывания) по передаче

$$n_3 = \left(\frac{710 + 710 \cdot \frac{29}{38} \cdot \frac{163,7}{90,65} \cdot 0,97 \cdot \frac{53}{51} \cdot \frac{18}{56} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3}} \right) \times$$

$$\times \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{32}{21} = 932,5 \text{ мин}^{-1};$$

по первому уравнению наматывания

$$n_3 = n_{\text{вер}} + \frac{v_{\text{вып}} E_0}{\pi d_{\text{н}}} = 812 + \frac{15,2 \cdot 1,015}{3,14 \cdot 0,041} = 932,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Выпускной цилиндр вытяжного прибора

$$n_4 = 710 \cdot \frac{Z_{\text{к}}}{38} \cdot \frac{Z_1}{100} = 710 \cdot \frac{29}{38} \cdot \frac{28}{100} = 151,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$v_4 = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 151,7 = 15,2 \text{ м/мин.}$$

Второй по ходу продукта цилиндр вытяжного прибора

$$n_5 = 151,7 \cdot \frac{20}{100} \cdot \frac{Z_{\text{в1}}}{36} = 151,7 \cdot \frac{20}{100} \cdot \frac{44}{36} = 37,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$v_5 = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 37,1 = 3,73 \text{ м/мин.}$$

Третий по ходу продукта цилиндр вытяжного прибора

$$n_6 = 37,1 \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{Z_2}{Z_3} = 37,1 \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{18}{20} = 44,5 \text{ мин}^{-1}.$$

$$v_6 = 3,14 \cdot 0,028 \cdot 44,5 = 3,91 \text{ м/мин.}$$

Питающий цилиндр вытяжного прибора

$$n_7 = 37,1 \cdot \frac{18}{Z_{в2}} \cdot \frac{18}{Z_4} = 37,1 \cdot \frac{18}{34} \cdot \frac{18}{22} = 16,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$v_7 = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 16,1 = 1,62 \text{ м/мин.}$$

Вал самоостанова

$$n_8 = 37,1 \cdot \frac{18}{34} \cdot \frac{18}{Z_7} \cdot \frac{Z_8}{Z_5'} \cdot \frac{Z_5}{Z_5'} = 37,1 \cdot \frac{18}{34} \cdot \frac{18}{20} \cdot \frac{10}{10} \cdot \frac{10}{11} = 16,05 \text{ мин}^{-1}.$$

$$v_8 = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 16,05 = 1,61 \text{ м/мин.}$$

Питающие валы

$$n_9 = 16,05 \cdot \frac{10}{Z_6} = 16,05 \cdot \frac{10}{22} = 7,3 \text{ мин}^{-1}.$$

$$v_9 = 3,14 \cdot 0,07 \cdot 7,3 = 1,61 \text{ м/мин.}$$

6.6 Определение производительности машины

Производительность одного веретена ровничной машины (кг/ч) определяется по формуле

$$P = \frac{n_{\text{вер}} \cdot T_p \cdot 60}{K \cdot 1000 \cdot 1000} \cdot K_{\text{п.в}},$$

где $n_{\text{вер}}$ - частота вращения веретена, мин^{-1} ;

T_p - линейная плотность ровницы, текс;

K - крутка ровницы, кр/м ;

$K_{\text{п.в}}$ - коэффициент полезного времени.

КПВ ровничной машины зависит от времени наработки съема ровницы, числа обрывов ее и числа веретен на машине. Он может иметь значения от 0,68 до 0,92.

6.7 Определение массы ровницы на катушке

Массу ровницы на катушке (g_p) определяем по формуле

$$g_p = V_p \Delta,$$

где V_p - объем ровницы на катушке, см³;

Δ - плотность намотки ровницы, г/см³.

Объем ровницы на катушке определяем по формуле

$$V_p = \frac{\pi}{12} \left[D^2 (3H_{\text{ц}} + 2H_{\text{к}}) - d^2 (3H_{\text{ц}} + 4H_{\text{к}}) + 2DdH_{\text{к}} \right],$$

где D - диаметр полной катушки, см; (см. табл. 1)

d - диаметр пустой катушки, см; (см. табл. 1)

$H_{\text{ц}}$ - высота цилиндрической части катушки, см;

$H_{\text{к}}$ - высота конуса катушки, см.

$$H_{\text{ц}} = H - 2H_{\text{к}},$$

где H - высота подъема каретки, см (см. табл. 1).

$$H_{\text{к}} = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

где α - угол наклона образующей конуса к оси катушки ($\alpha = 45^\circ$)

Плотность намотки ровницы Δ приведена ниже.

Линейная плотность ровницы, текс	Плотность намотки ровницы, г/см ³
1000	0,28
500	0,29
250	0,32
170	0,34
125	0,36
100	0,38
85	0,40
60	0,42

6.8 Определение времени наработки съема ровницы

Время наработки съема ровницы (t) определяем по формуле

$$t = \frac{g_p}{P \cdot 1000},$$

где g_p - масса ровницы на катушке, г;

P - производительность одного веретена, кг/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механическая технология текстильных материалов: Учеб. для вузов/ А.Г. Севостьянов, Н.А. Осьмин, В.П. Щербаков и др.; Под ред. А.Г. Севостьянова.-М.: Легпромбытиздат,1989.-512 с:ил.
2. Лабораторный практикум по механической технологии текстильных материалов/ В.Ф. Галкин, В.С. Гиляревский, А.Е. Кудинов, и др.; Под ред. А.Г.Севостьянова.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Легпромбытиздат, 1993.-272 с:ил.
3. Лабораторный практикум по механической технологии текстильных материалов: Учеб. пособие для студентов текстильных вузов / Под ред. А.Г. Севостьянова. -М.: Легкая индустрия, 1976.-552с.
4. Труевцев Н.И. и др. Технология и оборудование текстильного производства (Механическая технология текстильных материалов):Учебник для студентов вузов текстильной пром-сти/ Н.И. Труевцев, Н.Н. Труевцев, М.С. Гензер; Под ред. Н.И. Труевцева.-М.: Легкая индустрия, 1975.- 640с.
5. Прядение химических волокон: Учеб. для вузов/ В.А. Усенко, В.А. Родионов, Б.В. Усенко и др.; Под ред. В.А. Усенко.-М.:РИО МГТА, 1999.- 472с.
6. Прядение хлопка и химических волокон (проектирование смесей, приготовление холстов, чесальной и гребенной ленты): Учебник для вузов/ И.Г. Борзунов, К.И. Бадалов, В.Г. Гончаров и др.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982.- 376с.