

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

### ТЕМА: «Расчет тележечного конвейера» (4 часа)

*Цель работы:* Ознакомление с устройством и принципом работы тележечных конвейеров, выполнение тягового расчета конвейера.

#### 3.1 Краткие теоретические сведения.

Тележечные литейные конвейеры служат основным транспортным устройством поточно-механизированных и автоматических формовочно-выбивных линий.

Тележечные напольные конвейеры применяются для перемещения опок, полужформ, форм от формовочных автоматов к различным функциональным устройствам в соответствии с технологическим процессом изготовления отливок. В АФЛ обычно используются тележечные конвейеры, аналогичные применяемым при механизированной формовке.

Литейные формы устанавливают на платформы конвейеров различными грузоподъемными средствами (пневматическими подъемниками, талями, кранами) или надвигают (или накатывают при платформах) с помощью пневматических толкателей. С формовочных автоматов формы перегружаются на конвейеры автоматически.

Тележечный конвейер состоит из одной тяговой цепи ( $k = 1$ ) замкнутого контура, к которой прикреплены тележки (платформы), движущиеся по направляющим путям на своих катках.

Для транспортирования тяжелых изделий применяются двух цепные ( $k=2$ ) тележечные конвейеры.

Различают вертикально-замкнутые и горизонтально-замкнутые конвейеры.

*Вертикально – замкнутые тележечные конвейеры* применяются в формовочных автоматах и некоторых типах АФЛ.

*Горизонтально-замкнутые конвейеры* занимают большую площадь, но у этих конвейеров обе ветви могут быть рабочими, применяются в некоторых типах АЛЛ.

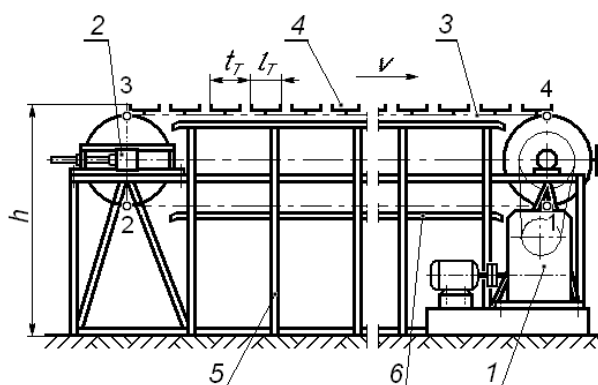


Рис. 3.1-Схема вертикально-замкнутого тележечного конвейера

					МиТОМ.ПТУМЦ.Пр.№3.2022.Отчет			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Выполнил	Усиков Б.В.				Практическая работа №3  «Расчет тележечного конвейера»	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Астапенко И.В.						1	11
						ГГТУ им. П.О. Сухого гр. МЛ-41		

### 3.2 Основные узлы тележечного конвейера их устройство и назначение

Вертикально–замкнутый тележечный конвейер (см. рис.6.1) состоит из следующих основных узлов и механизмов: *приводной станции 1, натяжной станции 2, гибкого тягового органа - цепи 3 с прикрепленными к ней тележками 4 и сварного основания 5 с направляющими 6.*

#### 3.2.1 Приводная станция

Назначение приводной станции – сообщить конвейеру движение со скоростью, обеспечивающей заданную производительность.

Как правило, приводная станция состоит из электродвигателя, механических передач и ведущей звездочки или звездочек, если конвейер двух цепной. В качестве механических передач используются зубчатые или червячные редукторы в сочетании с ременными или цепными передачами. В конвейерах с непрерывным движением в состав приводной станции зачастую включают вариатор для плавного регулирования скорости конвейера.

Приводная станция располагается обычно, в конце трассы, в месте, где осуществляется окончательная выгрузка груза.

Основными параметрами приводной станции являются  $P_{Эд}$  – мощность электродвигателя,  $n_{Эд}$  – частота вращения вала электродвигателя,  $n_{зв}$  – частота вращения звездочки, передаточное отношение приводной станции  $u_{Пс}$ :

$$u_{Пс} = \frac{n_{Эд}}{n_{зв}}, \quad (3.1)$$

#### 3.2.2 Натяжная станция

Натяжная станция тележечного конвейера служит для создания первоначального натяжения цепи и компенсации вытяжки цепи вследствие ее износа во время эксплуатации.

Натяжные механизмы бывают постоянного действия – грузовые (рис. 3.2) и периодического действия – винтовые (рис.3.3).

Винтовая натяжная станции (рис.3.3,а) состоит из ведомой звездочки 1 (если конвейер двух цепной, то двух звездочек), которую огибает цепь 2, подвижных ползунов 3, 4, в которых устанавливается ось 5 звездочки и винтов 6, 7 натяжного механизма. Винты натяжного устройства, перемещая, ползуны, создают натяжение тяговой цепи (цепей).

Винтовые натяжные устройства просты по конструкции, малогабаритны. Но требуют периодического наблюдения и подтягивания, так как натяжение цепи не остается постоянным, а уменьшается по мере эксплуатации конвейера.

Грузовые натяжные устройства обеспечивают постоянное натяжение за счет свободно висящего груза. Недостатками их являются достаточно большие габариты и достаточно большая масса груза.

					МиТОМ.ПТУМЦ.Пр.№3.2022.Отчет	Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Величина перемещения ползуна (ход натяжки) принимается на 50-100 мм больше двух шагов цепи. Это делается для того, чтобы при большом износе цепи можно было уменьшить ее длину на два соседних звена.

У двух цепных конвейеров на натяжной станции одна из звездочек крепится на оси шпонкой, а вторая свободно вращается на оси. Это обеспечивает равномерное натяжение обеих цепей.

### 3.2.3 Тяговый орган

В качестве тягового органа в тележечных конвейерах используются одна или две тяговые цепи.

По ГОСТ 588-81 изготавливают пластинчатые тяговые цепи: втулочные; роликовые; катковые; катковые с ребордой (гребнем).

В тележечных конвейерах в качестве тягового органа часто используют приводные роликовые цепи типа ПРД ГОСТ 13568-97 (см. рисунок 3.4).

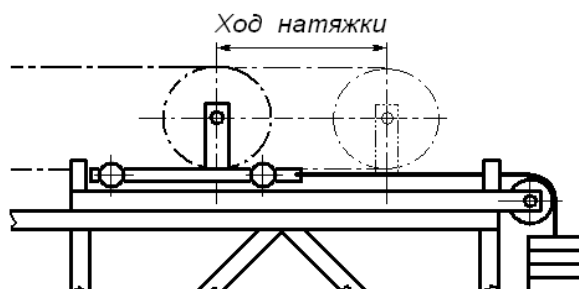


Рис. 6.2 - Грузовое натяжное устройство

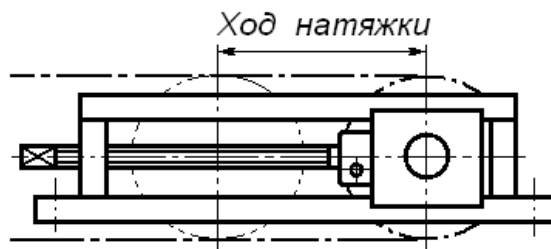
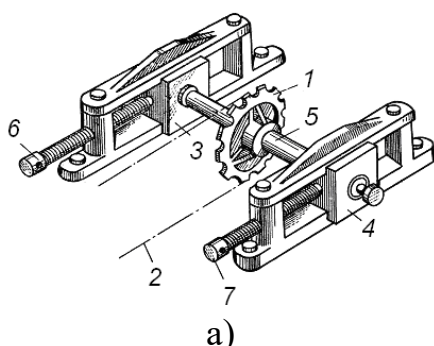


Рис. 3.3 - Винтовые натяжные станции

Основными параметрами цепи являются:

- $t_y$  – шаг цепи (расстояние между осями соседних шарниров), мм;
- $Q_p$  – разрушающая нагрузка, т.е. нагрузка, при которой цепь рвется, кН;
- $m_y$  – масса одного погонного метра цепи, кг/м.

Значения этих параметров приведены в таблице 3.1.

Подбор стандартной цепи осуществляют следующим образом. Вначале ориентировочно выбирают цепь с наименьшей разрушающей нагрузкой, затем выполняют тяговый расчет конвейера, из которого определяют  $S_{\max}$  – максимальное натяжение цепи при нормальной загрузке, а затем определяют

					МиТОМ.ПТУМЦ.Пр.№3.2022.Отчет	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

расчетную нагрузку:  $S_p = S_{\max}$  (при  $k = 1$ ) или  $S_p = S_{\max} \cdot 0,6$  (при  $k = 2$ ).

Затем определяют коэффициент запаса прочности цепи:

$$Q_p / S_p \geq [n], \quad (3.2)$$

где  $[n]$  – коэффициент запаса прочности цепи, обычно принимаемый в пределах (6-15).

Далее, в таблицах ГОСТа выбирают цепь, у которой значение  $Q_p$  близко к расчетному.

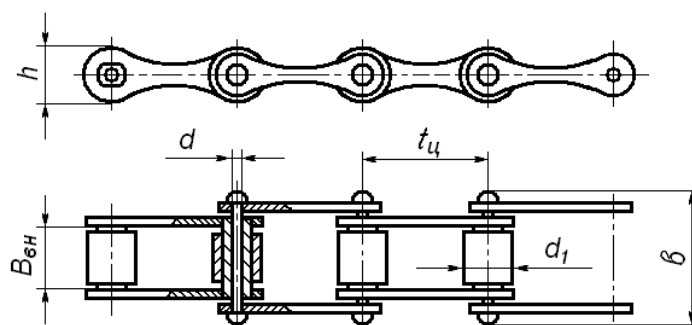


Рис. 3.4 - Цепь типа ПРД

Таблица 3.1 - Цепи приводные длиннозвенные типа ПРД по ГОСТ 13568-97, размеры в мм

Обозначение цепи	$t_{ц}$	$B_{ВН}$ , не менее	$d$	$d_I$	$h$	$b$	Разрушающая нагрузка, $H$ , не менее	Масса 1 м цепи, кг/м
					Не более			
ПРД-31,75-22700	31,75	9,65	5.08	10,16	14,8	24	22700	0,60
ПРД-38,1-29500	38,1	12,7	5,96	11,91	18,2	31	29500	1,10
ПРД-38-30000	38,0	22,0	7,95	15,88	21,3	42	30000	1,87
	38,0	22,0	7,95	15,88	21,3	47	40000	2,10
ПРД-38-40000	50,8	15,88	7,95	15,88	24,2	39	50000	1,90
ПРД-50,8-50000	63,5	19,05	9,55	19,05	30,2	46	70000	2,60
ПРД-63,5-70000	76,2	25,4	11,12	22,23	36,2	57	100000	3,80
ПРД-76,2-100000								

Для тяговых пластинчатых цепей профиль зуба звездочки выполняется по ГОСТ 592, а для приводных роликовых цепей по ГОСТ 591.

#### 6.2.4 Звездочки

Ведущие и натяжные звездочки конвейера (рис. 3.3,а) изготавливают методом литья из стали Л35 или фрезеруют из листовой стали. В этом случае используются, среднеуглеродистые стали: сталь 40, сталь 50.

Диаметр делительной окружности звездочки рассчитывают по формуле

$$D_{зв} = \frac{t_u}{\sin(180^\circ/z)}, \quad (3.3)$$

где  $z$  – число зубьев звездочки.

Минимальное число зубьев звездочки равно 8, принимается для цепей с шагом более 100 мм.

Для цепей с небольшими шагами число зубьев звездочки достаточно большое (20-30) мм. Ориентировочное число зубьев звездочки можно рассчитать по следующей зависимости:

$$z = \frac{4 \cdot t_T}{t_u}. \quad (3.4)$$

#### 6.2.5 Тележки

Грузонесущим органом тележечных конвейеров является тележка. Размеры, конфигурация и устройство тележек во многом определяются характером транспортируемых грузов. Существует большое количество различных конструкций тележек.

На рис.3.5 в качестве примера приведен эскиз конструкции тележки. Тележка состоит из следующих основных частей: контейнера 1 (в некоторых учебниках применяют термины: короб, корпус или платформа); двух кронштейнов 2, с помощью которых контейнер соединяется с цепью 3 и четырех катков 4, которые катятся по специальным направляющим.

Платформа литейного тележечного конвейера изготавливается из чугуна или стали толщиной 40-120 мм.

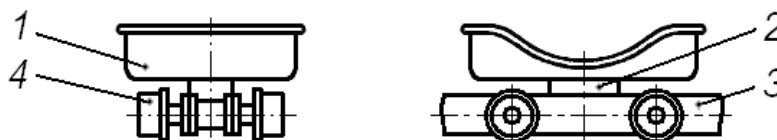


Рис.3.5-Тележка

Кронштейны для соединения контейнера с цепью, обычно, изготавливаются стальными.

Катки изготавливают, обычно, из стали Диаметр катка принимают равным 60 мм, ширина катка равна 25 мм. Плотность стали:  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ .

Комплекс, состоящий из тягового и несущего органов, называется ходовой частью. Образец ходовой части без катков представлен на рис.6.6.

Расстояние между тележками или шаг тележек  $t_T$  определяется с помощью зависимости:

$$t_T = \frac{3600 \cdot v \cdot n}{Z}, \quad (3.5)$$

где  $v$  – скорость транспортирования, м/с;  
 $Z$  – штучная производительность, форм/час;  
 $n$  – количество форме на тележке.

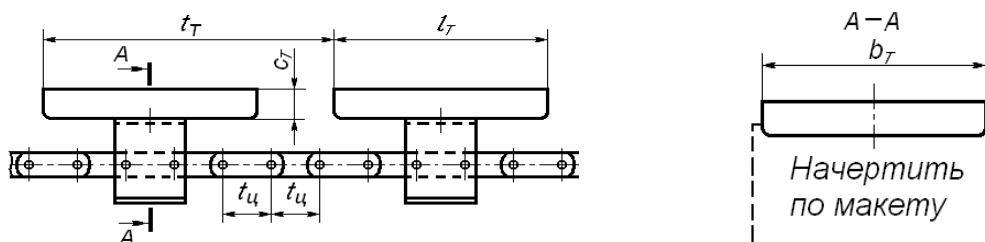


Рис.3.6 – Ходовая часть тележечного конвейера

Окончательное значение  $t_T$  принимается из условия, что шаг тележек должен быть кратен двойному шагу цепи  $t_u$

$$t_T = 2 \cdot t_u \cdot i \quad (3.6)$$

где:  $i$  – любое целое число.

Зная ориентировочное значение шага тележек  $t_T$ , делят его на  $2t_u$  и округляют в сторону увеличения  $i$  до целого числа. Затем по формуле (3.6) определяют точное значение шага тележек  $t_T$ , м.

### 3.3 Тяговый расчет конвейера

1) В качестве тягового органа можно применять приводную цепь ПРД ГОСТ 13568-75 с шагами от 30 до 70 мм (рис.3.4 и таблица 3.1).

2) Выбрав конкретную цепь, с определенным шагом, уточняют шаг тележек  $t_T$  по формуле (6.6), затем уточняют скорость транспортирования груза по формуле (3.5).

3) Далее рассчитывают погонные нагрузки: от транспортируемого груза –  $q_{Гр}$ , от тележки –  $q_T$  и от цепи –  $q_u$ .

Масса одного погонного метра цепи  $m_u$  приводится в ГОСТе (по табл.6.1).

Погонная нагрузка от цепи будет равна, Н/м:

$$q_u = m_u \cdot g \quad (3.7)$$

где:  $g = 9,81$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Погонная нагрузка от транспортируемых изделий, т.е. от груза определяется по формуле, Н/м:

$$q_{Гр} = \frac{m_{Гр} \cdot g}{t_T} \quad (3.8)$$

где:  $m_{Гр}$  – масса формы с отливками в кг, приведена в задании.

По аналогичной формуле определяется погонная нагрузка от тележек, Н/м:

$$q_T = \frac{m_T \cdot g}{t_T} \quad (3.9)$$

где:  $m_T$  – масса тележки в кг, приведена в задании.

Зная погонные нагрузки, можно переходить к тяговому расчету, т.е. к определению усилий натяжения в характерных точках трассы конвейера.

Расчетная схема трассы простейшего вертикально-замкнутого тележечного конвейера приведена на рисунке 3.7. Трасса, характерная для тележечных конвейеров легкой промышленности, состоит из двух прямолинейных горизонтальных участков (1–2) и (3–4) и двух криволинейных участков (2–3) и (4–1). Такие трассы имеют только 4 характерные точки.

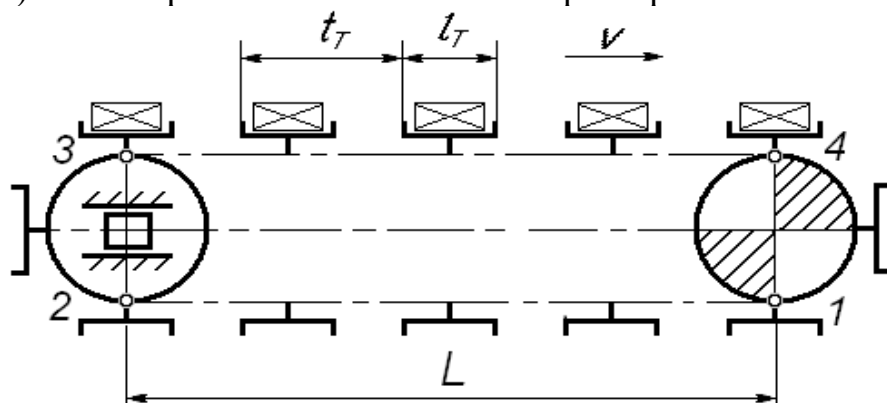


Рис. 3.7 Расчетная схема трассы конвейера

Первая точка, точка в которой натяжение тягового органа минимально  $S_{\min}$  располагается в месте сбег цепи с приводной звездочки.

4) Так как длины заданных конвейеров небольшие (20-40) м., то величины минимального натяжения в точке 1 (рис.6.7) можно принимать в пределах от  $S_{\min}=1000...2500$  Н.

Используя правило, обхода вдоль трассы по характерным точкам, находят натяжение во всех других характерных точках.

5) Правило обхода трассы по характерным точкам выглядит так:

$$S_i = S_{(i-1)} \pm W_{L, i-(i-1)} \quad (3.10)$$

где:  $S_i$  – натяжение цепи в искомой точке трассы, Н;

$S_{(i-1)}$  – натяжение цепи в предыдущей точке трассы, Н;

$W_{L, i-(i-1)}$  – суммарная сила сопротивления на горизонтальном участке трассы между точками  $i$  и  $(i-1)$ ,  $H$

Величина потерь берется со знаком плюс, когда обход трассы ведут по ходу движения конвейера и со знаком минус, когда обход совершают против движения конвейера.

б) Учитывая вышеизложенное, натяжение тягового органа в точке 2 будет следующим:

$$S_2 = S_1 + W_{L, 1-2} \quad (3.11)$$

где:  $S_1 = S_{\min}$  и принимается, как уже упоминалось 1000 - 1500,  $H$

$W_{L, 1-2}$  – сила сопротивления на участке трассы (1–2),  $H$ .

7) Участок трассы (1–2) – это прямолинейный горизонтальный участок холостой ветви конвейера. Сила сопротивления на нем определяются так

$$W_{L, 1-2} = (q_T + k \cdot q_y) \cdot L \cdot \omega, \quad (3.12)$$

где  $q_T$  и  $q_y$  – погонные нагрузки от тележки и цепи,  $H/м$ ;

$k$  – количество тяговых цепей;

$L$  – длина горизонтальной проекции участка (1–2),  $м$ ;

$\omega$  – коэффициент сопротивления движению тележки на прямолинейных участках трассы. Зависит от конструкции катков тележки и принимает значения от 0,03 до 0,08.

Если ходовая часть конвейера без катков, а скользит по настилу, то сила сопротивления это сила трения и для участка (1-2) определяется по зависимости:

$$W_{L, 1-2} = (q_T + k \cdot q_y) \cdot L \cdot f, \quad (3.13)$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения принимается равным 0,12.

Определяем натяжение цепи в точке 3. Так как участок (2–3) криволинейный, натяжение определяется с помощью коэффициента сопротивления на криволинейных участках  $\omega_l = 1 + \omega$ :

$$S_3 = S_2 \cdot \omega_l. \quad (3.14)$$

Определяем натяжение цепи в точке 4:

$$S_4 = S_3 + W_{L, 3-4}. \quad (3.15)$$

Участок (3–4) – прямолинейный горизонтальный участок рабочей ветви конвейера. Сопротивление на нем определяется по зависимости:

$$W_{L, 3-4} = (q_{Tp} + q_T + k \cdot q_y) \cdot L \cdot \omega. \quad (3.16)$$

Если же ходовая часть скользит по настилу, то рассчитывается сила трения, т.е. вместо коэффициента сопротивления  $\omega$  используется коэффициент трения скольжения  $f$ .

					МиТОМ.ПТУМЦ.Пр.№3.2022.Отчет	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### 3.4 Проверка правильности выбора цепи

Определив натяжение во всех характерных точках трассы, убеждаемся, что максимальное натяжение  $S_{\max}$  получилось в точке 4. По расчетной  $S_p$  и разрушающей нагрузке цепи  $Q_p$ , определяют коэффициент запаса прочности цепи  $[n]$  (см. формулу (6.2)).

Если коэффициент запаса прочности цепи получается в пределах  $5 < [n] < 10$ , это означает, что цепь выбрана правильно. Если  $[n] > 10$  – цепь не догружена, и для данного конвейера можно принять цепь с меньшей разрушающей нагрузкой, если такова имеется.

Если  $[n] < 5$ , цепь работает с перегрузкой, то необходимо заново выполнить тяговый расчет, приняв по таблице 6.1 цепь с большей разрушающей нагрузкой  $Q_p$ .

### 3.5 Определение мощности электродвигателя и передаточного отношения приводной станции

Зная натяжение цепи в характерных точках трассы, определяют окружное усилие  $F_t$  на ведущей звездочке конвейера:

$$F_t = (S_{Haб} - S_{Cб}) \cdot \omega_1 . \quad (3.17)$$

Для простых трасс (см. рисунок 1, 8):

$$\begin{aligned} S_{Haб} &= S_{\max} = S_4 ; \\ S_{Cб} &= S_{\min} = S_1 . \end{aligned}$$

Вычислив окружную силу  $F_t$ ,  $H$  и зная скорость транспортирования груза  $v$ , м/с можно определить мощность, которую необходимо подводить к валу ведущей звездочки, Вт:

$$P_{3в} = F_t \cdot v . \quad (3.18)$$

Зная мощность на валу приводной звездочки, определяют расчетную мощность электродвигателя, Вт:

$$P_{Pэд} = \frac{1,25 \cdot P_{3в}}{\eta_{Пс}} , \quad (3.19)$$

где  $\eta_{Пс}$  – к.п.д. приводной станции. Так как структура приводной станции пока еще неизвестна, то ее к.п.д. можно принимать равным 0,8; 1,25 – коэффициент перегрузки.

Определив  $P_{Pэд}$ , переходят непосредственно к подбору электродвигателя. Для приводных станций конвейеров рекомендуется применять трехфазные асинхронные электродвигатели. Подбор электродвигателя осуществляют по каталогу, в котором указывается номинальная мощность электродвигателей  $P_{эд}$ , соблюдая условие  $P_{эд} \geq P_{Pэд}$ .

Частоту вращения вала электродвигателя  $n_{эд}$ , рекомендуется выбирать в пределах от 750 до 1500 об/мин.

Выбрав типоразмер электродвигателя, его мощность и номинальную частоту вращения вала, приступают к определению передаточного отношения приводной станции по формуле (3.1).

Частоту вращения ведущей звездочки  $n_{зв}$  можно определить по формуле, об/мин:

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{зв}}, \quad (3.20)$$

где  $v$  – скорость транспортирования груза, м/с;

$D_{зв}$  – диаметр делительной окружности звездочки, м.

Диаметр звездочки определяют по формуле (3.3), рассчитав число зубьев звездочки по выражению (3.4).

Полученные результаты расчетов сводятся в таблицу.

### 3.4 Выполнение работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Изучить устройств и принцип работы тележечного конвейера.
3. Произвести расчет тележечного конвейера.
4. Оформить отчет.

### 3.5 Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Теоретические сведения.
3. Расчет тележечного конвейера.
4. Выводы по работе.

### 3.6 Контрольные вопросы

1. Какие типы тележечных конвейеров есть в литейном производстве?
2. Назначение и структура приводной станции.
3. Назначение и виды натяжных устройств.
4. Какие цепи применяют в тележечных конвейерах?
5. В чем заключается методика подбора цепи по разрушающей нагрузке?
6. Из каких участков состоит трасса конвейера?
7. Где на трассе конвейера располагается точка с минимальным натяжением?
8. Как определяются передаточное отношение приводной станции? Какие выводы можно сделать из величины передаточного отношения?
9. Что понимается под термином «погонная нагрузка»?
10. Как рассчитываются сопротивления на участках трассы конвейера?
11. Как определяются натяжения в характерных точках трассы?
12. Какова цель выполнения тягового расчета конвейера?

### 3.7 Варианты заданий для выполнения тягового расчета конвейера

Исходные данные для выполнения тягового расчета тележечного конвейера приведены в таблице 3.2.

Трасса конвейера аналогична приведенной на рис.3.1. Точка с минимальным натяжением тягового органа  $S_{\min}$  совпадает с характерной точкой 1.

Верхняя ветвь конвейера участок (3-4) - рабочая, т.е. груженная, а нижняя - участок (1-2) - холостая, т.е. не нагруженная.

Количество форм на тележке  $n = 1$ .

Таблица 3.2-Исходные данные для расчета тележечного конвейера

Техническая характеристика	Вариант				
	1	2	3	4	5
Масса формы с отливками $m_{Гр}$ , (кг)	110/ 72/ 56	150/ 112/ 96	170/ 136/ 118	200/ 154/ 122	220/ 196/ 174
Ориентировочный шаг тележек $t_T$ , (м)	0,72	0,80	0,85	1,00	1,00
Размеры тележки $l_T \times b_T \times c_T$ , (м)	0,68× 0,60× 0,06	0,78× 0,75× 0,10	0,80× 0,82×0,10	0,94× 0,90× 0,10	0,96× 0,98× 0,10
Скорость транспортирования форм $V$ , (м/мин)	0,60/ 0,42/ 054	0,75/ 0,85/ 087	0,70/ 0,95/ 0,82	0,80/ 1,04/ 0,78	0,50/ 0,88/ 0,66
Высота конвейера $h$ , (м)	0,85	0,80	0,90	0,70	0,75
Длина конвейера $L$ , (м)	20	25	30	35	40
Масса тележки $m_T$ (кг)	112	85	122	97	118