

АННОТАЦИЯ

Сухих А.В. «Разработка фрикционного выталкивателя методической нагревательной печи». Челябинск: ЮУрГУ, П-439; 48с., 16 илл., библиогр. список – 13 наименования, граф. часть – 5 л. формата А1.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью разработки конструкции фрикционного выталкивателя нагревательной печи.

В выпускной квалификационной работе произведен обзор существующих технологических схем размещения оборудования. Проведен обзор известных конструкции печных выталкивателей при боковой выдаче заготовок из методической нагревательной печи. Произведены основные расчеты узлов, устройств и механизмов, влияющие на конструкцию. Изготовлено описание разработанной конструкции выталкивателя.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Анализ существующих технологических схем размещения оборудования на участках нагревательных печей с боковой выдачей заготовок.....	7
2. Способы выдачи заготовок из методических печей с боковой выдачей.....	11
3. Обзор известных конструкций печных выталкивателей при боковой выдаче заготовок из методической нагревательной печи.....	13
4. Выбор принципиальной схемы разрабатываемого выталкивателя и его основных параметров.....	17
5. Расчет усилий действующих на элементы конструкции выталкивателя, момента и мощности привода.....	19
6. Выбор мотор-редуктора привода выталкивателя.....	22
7. Расчет фрикционной передачи, приводного ролика, выбор и расчет подшипников.....	23
8. Описание разработанной конструкции выталкивателя.....	29
Заключение.....	31
Библиографический список.....	32

ВВЕДЕНИЕ

Современные нагревательные печи представляют собой высокомеханизированные агрегаты, удовлетворяющие технологическим и экологическим требованиям, однако жизнь выдвигает новые задачи развития печной техники.

Требования к работе нагревательных печей включают в себя:

- обеспечение заданной производительности;
- обеспечение качества нагрева, удовлетворяющего технологов по структуре и по механическим свойствам металла, по степени окалинообразования и обезуглероживания;
- эффективное использование топлива, характеристикой которого служит удельный расход энергии на единицу продукции в кг условного топлива на 1 тонну продукции;
- соответствие экологическим нормам по предельно допустимому выбросу в атмосферу пыли и вредных газов: CO, CO₂, NO_x, SO₂, C₂₀H₁₂ и других углеводородов;
- механизация труда при эксплуатации и ремонте печи и автоматизация её теплового режима.

В настоящее время производительность печи является варьируемым фактором. Одну и ту же производительность можно обеспечить при работе одной или нескольких печей. Существует понятие оптимальной производительности печи, соответствующей минимуму расхода энергии на нагрев металла, либо минимуму себестоимости нагрева.

На передний план при конструировании печей выдвигается требование эффективного использования топлива и других ресурсов, т.е. проблема энергои ресурсосбережения. В связи с этим меняется актуальность научных проблем пещестроения. Например, утратила своё значение задача интенсификации теплообмена в печах, как средство повышения скорости нагрева, а, значит, и производительности нагревательных печей. Скоростной нагрев и высокая

производительность сегодня не являются самоцелью, поскольку промышленной практике нужны не рекорды, а экономическая целесообразность.

Объект исследования – фрикционный выталкиватель методической нагревательной печи

Предмет исследования – разработка фрикционного выталкивателя методической нагревательной печи

Цель: выполнить разработку и расчет фрикционного выталкивателя методической нагревательной печи.

Для достижения цели, необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих технологических схем размещения оборудования на участках нагревательных печей с боковой выдачей заготовок;
- изучить способы выдачи заготовок из методических печей с боковой выдачей;
- провести обзор известных конструкций печных выталкивателей при боковой выдаче заготовок из методической нагревательной печи;
- описать выбор принципиальной схемы разрабатываемого выталкивателя и его основных параметров;
- провести расчет усилий действующих на элементы конструкции выталкивателя, момента и мощности привода;
- провести расчет фрикционной передачи, приводного ролика, выбор и расчет подшипников;
- привести описание разработанной конструкции выталкивателя.

Данная работа состоит из введения, восьми разделов, заключения, библиографического списка, трех приложений.

Исходные данные к работе. Нагреваемые заготовки – круг, квадрат 150 мм.
Длина заготовок 0,5-1,5 м

Ширина рабочего пространства печи 1,7 м

Скорость перемещения заготовок при выдаче из печи 0,2 м/с

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА УЧАСТКАХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ С БОКОВОЙ ВЫДАЧЕЙ ЗАГОТОВОК

Существуют две схемы транспортирования заготовок в методических печах, имеющие боковую выдачу заготовок: торцовая загрузка и боковая выдача, боковая загрузка и боковая выдача.

Первую схему применяют в случае нагрева заготовок квадратного сечения 120 – 150 мм и более, а вторую при ещё меньших размерах заготовок. Таким образом, печи с этими схемами транспортирования устанавливают перед крупносортными и среднесортными.

Схема транспортирования заготовок при торцовой загрузке и торцовой выдаче показана на рисунке 1.

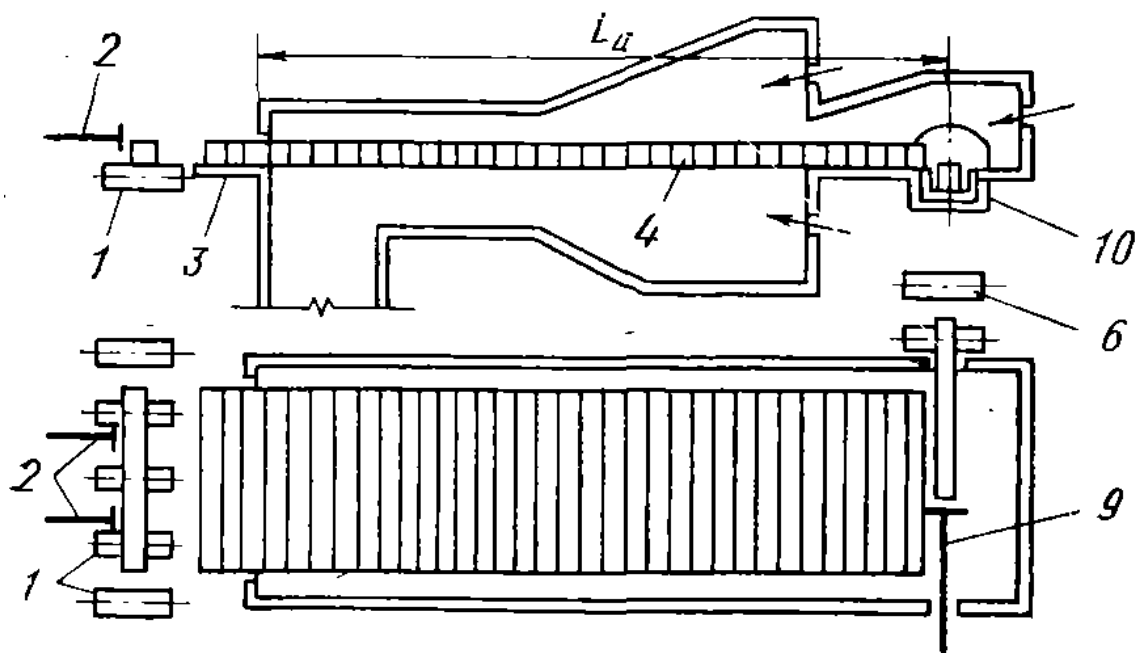


Рисунок 1 – Схема транспортирования заготовок с торцовой загрузкой и боковой выдачей

Схема и устройства для загрузки заготовок при торцовой загрузке и боковой выдаче. В этом случае заготовки по рольгангу загрузки 1 подают к печи и с помощью винтового или реечного толкателя 2 заталкивают их сначала на загрузочный стол 3, а затем в печь (рисунок 1). Нагретая заготовка в этом

случае попадает в желоб 10. Затем ее с помощью выталкивателя 9 выдают на рольганги выдачи 6.

Печи с боковой выдачей имеют ряд теплотехнических достоинств, но при такой схеме компоновка печи и стана получается простой только при установке одной печи. Если нужно устанавливать две и более печи, то необходимы специальные устройства для передачи заготовок, выданных из печей на приемный рольганг стана. Поэтому печи с боковой выдачей применяют обычно для станков с небольшой производительностью, для обслуживания которых достаточно одной печи.

В описанной схеме транспортирования заготовок под печи горизонтальный. Максимальная длина проталкивания L_a заготовок по горизонтальному поду, определенная опытным путем, равна 200 – 220 толщинам для заготовок с близким к квадрату поперечным сечением.

Заготовки проталкивают либо по кладке пода, либо по металлическим направляющим, заложенным в кладку пода, либо в начале печи (примерно $2/3$ – $3/4$ общей длины) по водоохлаждаемым подовым трубам, а в остальной части печи по кладке пода или заложенным в нее брускам.

При толщине (диаметре) заготовки менее 100 – 120 мм длина проталкивания по горизонтальному поду часто бывает недостаточной для обеспечения необходимой производительности печи. В этом случае применяют печи с боковой загрузкой и боковой выдачей с наклонным или лекальным подом (рисунок 2). Такие печи устанавливают перед мелкосортными и проволочными станами непрерывной и бесконечной прокатки. В этом случае применение торцовой загрузки нецелесообразно. При торцовой загрузке трудно обеспечить высокий темп загрузки заготовок, диктуемый ритмом работы стана: для загрузки одной заготовки винтовой или реечный толкатель должен совершить обратный и рабочий ход, общая длина которых не меньше 3 – 4 м. Кроме того, применение торцовой загрузки в этом случае связано с теплотехническими затруднениями. Поэтому заготовку задают в печь сбоку с помощью подающих роликов 1 и проталкивают через печь рычажным толкателем 2, общая длина обратного и рабочего хода которого составляет

всего около 1 м. Для предохранения кладки печи от разрушения загружаемыми заготовками устанавливают упор 3.

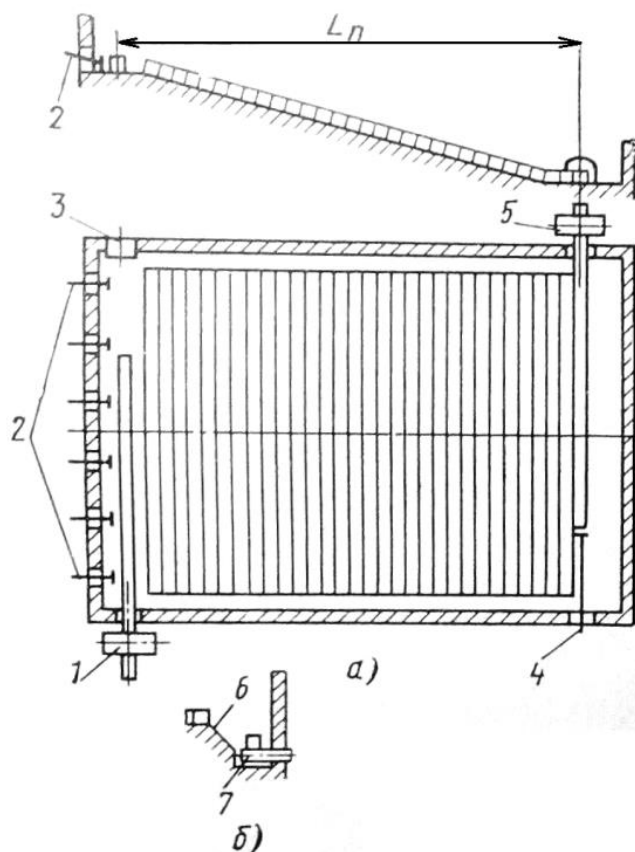


Рисунок 2 – Схема транспортирования с боковой загрузкой и боковой выдачей

Торцовая выдача тонких заготовок осложнена тем, что нужно обеспечить сталкивание на склиз одной заготовки (часто падает несколько штук). Тонкие заготовки также трудно сталкивать в желоб, а поэтому их выталкивают по кладке пода (см. рисунок 2, а). В результате штангу выталкивателя 4 нужно совмещать с выдаваемой заготовкой, а поэтому необходим выталкиватель, который можно перемещать вдоль оси печи примерно на 400 мм. Выталкивателем заготовки подают в тянущие ролики 5, с помощью которых заготовку выдают из печи. Если печь установлена перед многониточным станом, то необходимы либо две пары тянущих роликов, либо специальное распределительное устройство, расположенное обычно вне печи.

Если необходимо обеспечить строго поштучную выдачу заготовок в определенном ритме, то следует применять специальную машину. Эта машина

должна брать заготовки с пода печи и укладывать их на внутripечной рольганг выдачи 7. В тех печах, где предусматривали установку таких машин, заготовки подают на внутripечной рольганг по невысокому склизу 6 (см. рисунок 2, б). По рольгангу 7 заготовку передают из печи на цеховые рольганги.

Угол наклона β пода в печах с охлаждаемыми подовыми трубами должен быть около 6° , а в печах с кирпичным подом 7 – 8° . При этом максимальная длина проталкивания составляет 250 толщин заготовки и исключено самопроизвольное сползание заготовок.

При лекальном поде, который состоит из прямолинейного участка L_1 , расположенного под углом $\beta=10^\circ$, и криволинейного участка L_2 , длину проталкивания можно принимать равной 300 толщинам заготовок [1].

2. СПОСОБЫ ВЫДАЧИ ЗАГОТОВОК ИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ С БОКОВОЙ ВЫДАЧЕЙ

Для перемещения заготовок в нагревательной печи различают следующие конструкции. В печах с торцевой загрузкой заготовок используют толкатели, при боковой разгрузке - выталкиватели. Также возможно перемещение заготовок в печи с помощью шагающих балок.

По способу передачи толкающего усилия различают следующие конструкции толкателей и выталкивателей: реечные, винтовые, фрикционные. Для привода выталкивателей преимущественно используют электрический привод, но иногда применяют на этих установках гидравлический и пневматический приводы.

Фрикционный выталкиватель применяют для выдачи из печи горячих слитков, выталкиваемых штангой в торец. Во фрикционном выталкивателе ход штанги достигает 5 м и более при скоростях до 1 м/с. Толкающее усилие не превышает 5 кН.

Значительно надёжнее и долговечнее реечные толкатели и выталкиватели, которые применяют при усилиях проталкивания заготовок до 2...2,5 МН. Реечные выталкиватели имеют обычно более сложный редуктор, поскольку он должен обеспечить большее передаточное число.

Шагающие балки, имеющие поступательно-возвратное движение с одновременным подъемом и опусканием могут совершать движения вверх и вниз, вперед и назад. При движении вверх подвижные балки приподнимают заготовки над неподвижными на высоту 100 мм. При движении вперед заготовки перемещают по печи на 450 мм. При этом первая со стороны выдачи заготовка выталкивается подвижными балками из печи, а очередная заготовка, находящаяся ранее на загрузочном столе, вносится в печь. При движении балок вниз заготовки укладываются на неподвижную часть пода, оказываясь перемещенными вперед на один шаг, при этом подвижные балки опускаются ниже уровня пода также примерно на 100 мм.

При движении назад подвижные балки устанавливаются в положение, из которого они вновь могут захватить в печь очередную заготовку. Интервал времени между окончанием каждого движения шагающих балок и началом следующего составляет 0,5 с. Таким образом, с помощью шагающих балок выполняются все основные операции по загрузке, перемещению по печи и выгрузке заготовок.

3. ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕЧНЫХ ВЫТАЛКИВАТЕЛЕЙ ПРИ БОКОВОЙ ВЫДАЧЕ ЗАГОТОВОК ИЗ МЕТОДИЧЕСКОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Фрикционный выталкиватель применяют для выдачи из печи горячих слитков, выталкиваемых штангой в торец. Во фрикционном выталкивателе ход

штанги достигает 5 м и более при скоростях движения до 1 м/с. Толкающее уси-

лие редко превышает 5–10 кН. Квадратная штанга 1 движется возвратно-поступательно от двух фрикционных роликов, установленных на подшипниках

в передней стойке 2. Необходимое толкающее усилие создается в результате то-

го, что верхний ролик прижимает штангу к нижнему ролику при помощи нажимных винтов и пружин 3. Оба ролика вращаются приводом в разных направ-

лениях. Штанга движется по направляющей балке 6, которая одним концом опирается на заднюю стойку 7, а другим – на вертикальную цапфу 5 передней

стойки. Это дает возможность поворачивать штангу в горизонтальной плоскости

на небольшой угол для выталкивания из печи перекосившихся слитков.

Для передачи штанге толкающего усилия P фрикционные ролики должны быть прижаты к штанге с усилием N , определяемым по формуле:

$$N = \beta P / \mu, \quad (6.1)$$

где β – коэффициент запаса сцепления роликов, который рекомендуется принимать в силовых передачах, равным $\beta = 1,25–1,5$;

μ – коэффициент трения между роликами и штангой, принимаемый для трения стали по стали или по чугуну без смазки равным $\mu = 0,15-0,2$ и для трения стали по стали при наличии смазки – равным $\mu = 0,04-0,05$.

Затем мощность и общее передаточное число привода выталкивателя находят по описанной ранее методике расчета реечных толкателей.

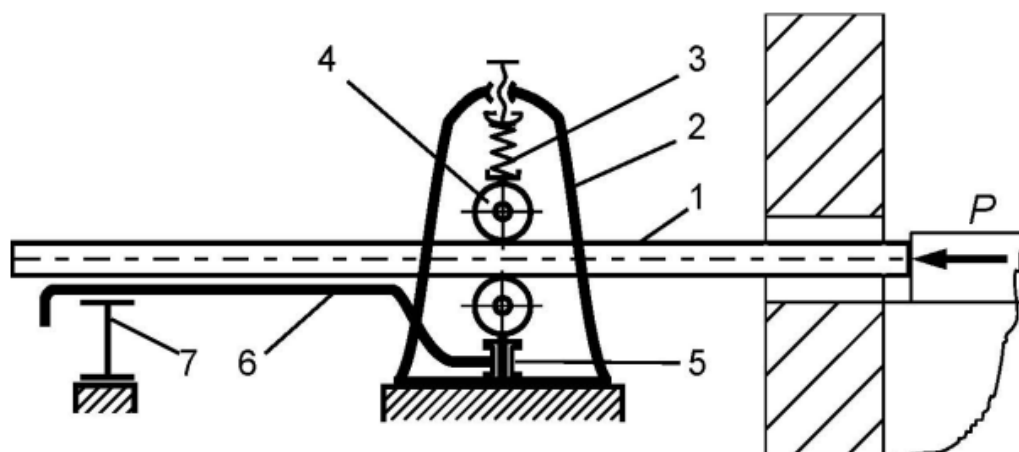


Рис. 7. Схема фрикционного выталкивателя

Выталкиватель заготовок из нагревательной печи, выполненный в виде желоба для направления выталкивающей штанги, который одним концом установлен на опоре, а другим концом через ходовые ролики па подставке, причем в переднем конце штанги смонтирован ловитель. Кроме того, выталкиватель имеет полую водоохлаждаемую штангу, механизм продольного и поперечного перемещения штанги и блокировочные схемы.

Недостаток известного устройства состоит в невозможности маневрирования при неполадках в зоне выдачи заготовок.

С целью автоматизации выдачи заготовок из печи предложен выталкиватель, к желобу которого со стороны печи закреплена рама с продольными направляющими и перемещаемым по ним ползуном, к которому одним концом шарнирно закреплен полый водоохлаждаемый шуп, другой конец которого через окно помещен в зону выдачи заготовок и, например, пружиной, прижат к внешней, боковой поверхности крайней заготовки.

Кроме того, на оси шарнира жестко со щупом закреплен зубчатый сектор, механически связанный с шестерней, насаженной на ось сельсина-датчика, электрически соединенного с сельсином-приемником, включающим механизм поперечного передвижения штанги выталкивателя.

На фиг. 1 изображен предлагаемый выталкиватель, вид сбоку; на рисунке 2 то же, вид сверху.

Выталкиватель состоит из желоба 1, внутри которого размещены направляющие ролики 2. По роликам 2 перемещается выталкивающая штанга 8, возвратно-поступательное движение которой обеспечивается механизмом 4 продольного передвижения. Вдоль окна выдачи 5 печи 6 штанга перемещается механизмом 7 поперечного передвижения, причем ее перемещение ограничено конечными выключателями 8.

К желобу 1 прикреплена рама 9 с продольными направляющими 10 и перемещаемым по

По ним ползуном 11, на котором одним концом шарнирно закреплен полый щуп 12, при чем другой введен его конец введен в печь и пружиной 18 прижимается к внешней боковой поверхности крайней заготовки 14. На оси шарнира жестко со щупом закреплен зубчатый сектор 15, входящий в зацепление с шестерней 16, насаженной на ось сельсина-датчика 17, соединенного с сельсином-приемником, включающим механизм поперечного передвижения штанги.

Щуп с помощью пневмоцилиндра 18 перемещается по направляющим 10 рамы 9.

Выталкиватель работает следующим образом.

Слежение за крайней заготовкой заканчивается точной установкой штанги против ее торца. При недостатке заготовок щуп пружиной отклоняется навстречу заготовкам, при этом зубчатый сектор поворачивает шестерню и ротор сельсина-датчика по часовой стрелке.

Возникающие в этом случае уравнительные токи создают выходное напряжение, включается механизм поперечного перемещения штанги против движения заготовок в печи. Штанга перемещается до тех пор, пока щуп не

упрется в крайнюю заготовку, при этом ось щупа будет параллельна оси штанги. В том случае, когда выходное напряжение на зажимах роторов окажется равным нулю, механизм поперечного движения отключается, а механизм передвижения получает сигнал на выталкивание. В случае если щуп не встречает заготовок, штанга остается неподвижной до их подхода. Если к окну выдачи поступает большее количество заготовок, щуп отклоняется последними в сторону их движения.

Роторы сельсинов принимают нулевое положение в тот момент, когда ось щупа окажется нацеленной на торец заготовки, а механизм продольного перемещения получит разрешение на ее толкание.

Крайнее положение штанги выталкивателя ограничивается конечным выключателем.

При перекосах, сваривании и т. д. щуп при помощи пневмоцилиндра извлекается из печи и штанга обслуживается вручную.

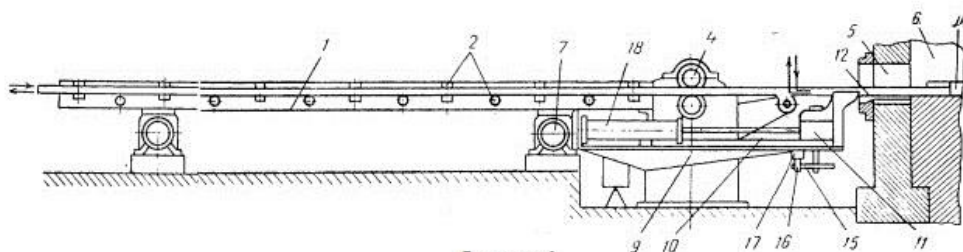


Рисунок 1

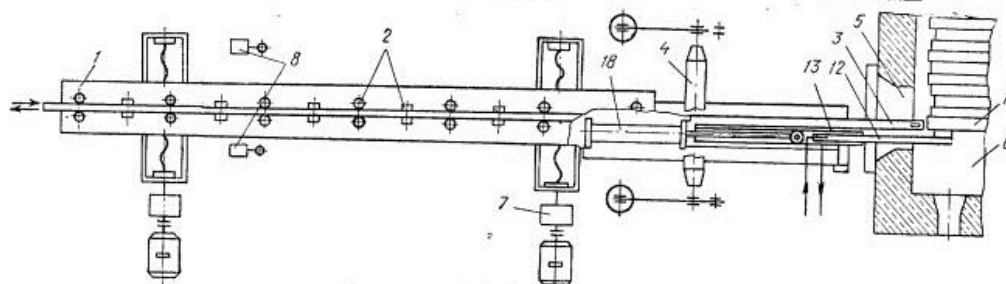


Рисунок 2

4. ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ВЫТАЛКИВАТЕЛЯ И ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Данное оборудование предназначено для подачи нагретых заготовок из нагревательной печи. Выталкиватель находится под управлением оператора механизма (нагревальщика).

Механизм выталкивателя фрикционный с водоохлаждаемой штангой (труба круглого сечения). В движение штангу приводят вращающиеся ролики - приводной и прижимной. Возникающие между штангой и роликами силы трения ограничивают толкающее усилие, а это, в свою очередь, предохраняет механизм от перегрузок.

На рисунке 7 принципиальная схема механизма выталкивателя.

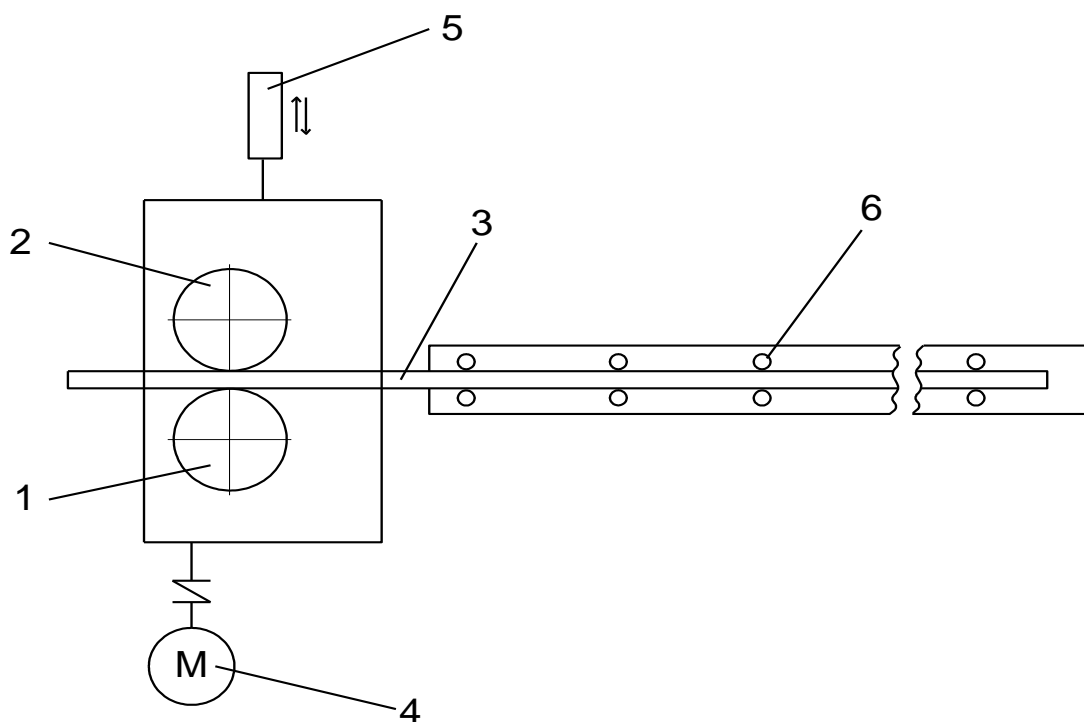


Рисунок 7. Схема механизма выталкивателя: 1, 2 – прижимной и приводной ролики, 3 - водоохлаждаемая штанга, 4 - привод перемещения штанги, 5 – гидропривод перемещения тележки, 6 – направляющие ролики.

Перемещение штанги 3 происходит за счет роликов 1 - прижимной, 2 - приводной. Когда механизм отключен водоохлаждаемая штанга находится вне нагревательной печи, а ее рабочая часть остается в приводе механизма подачи.

Во время работы привод механизма подачи приводит в движение водоохлаждаемую штангу, передвигая ее в направлении участка прокатки нагревательной печи для подачи нагрето заготовки в клетки стана. После подачи заготовки в клетки стана механизм выталкивателя реверсируется и возвращает штангу в исходное состояние. Исходное положение фиксируется упорами.

На рисунке 8 изображена кинематическая схема механизма вталкивания заготовок.

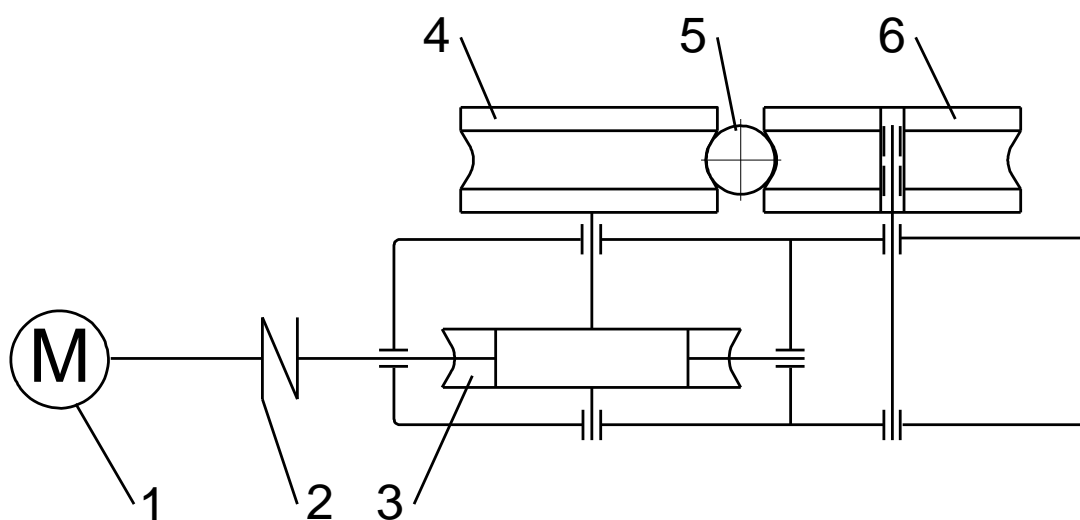


Рисунок 8 – Кинематическая схема механизма выталкивания заготовок:
Электродвигатель – 1, муфта зубчатая – 2, червячная передача – 3, приводной ролик – 4, прижимной ролик – 6.

Вращение от электродвигателя 1 передается через муфту зубчатую 2, червячную передачу 3 на приводной ролик 4. Ролик в свою очередь толкает штангу 5, которую с противоположной стороны поджимает с определенным усилием прижимной ролик 6. Таким образом, происходит подача штанги в нагревательную печь для выдачи (выталкивания) заготовки в стан.

5. РАСЧЕТ УСИЛИЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ВЫТАЛКИВАТЕЛЯ, МОМЕНТА И МОЩНОСТИ ПРИВОДА

Расчет ведем по следующей методике [1].

Рабочий ход L выталкивателя выбирают равным сумме длины бочки ролика L_p рольганга выгрузки и длины рабочего пространства печи $L_{пр}$. Выталкиватель следует располагать так, чтобы выталкивающие пальцы в крайнем правом положении не упирались в конструкции печи, а в крайнем левом уходили за пределы бочки ролика примерно на 100 мм. Отсюда:

$$L=L_p+L_c+0,1=0,15+1,7+0,1=1,95 \text{ м}, \quad (3)$$

где L – рабочий ход выталкивателя, м;

L_p – длина бочки ролика рольганга загрузки, м;

$L_{пр}$ – длина рабочего пространства печи, м.

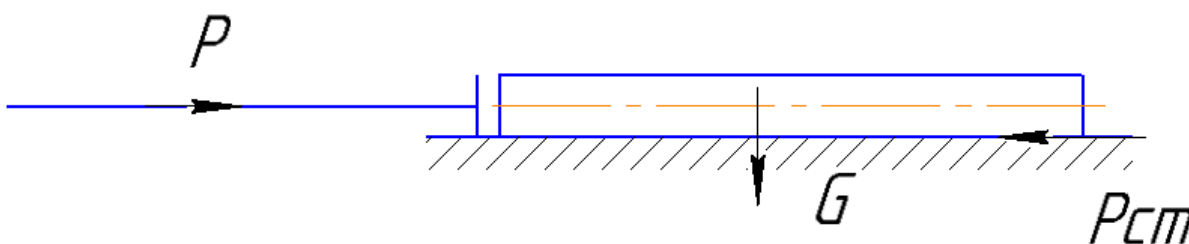


Рисунок 9 – Схема действия сил

Усилие сопротивления в Н определяют по формуле

$$P_{ст}=Gf, \quad (4)$$

где $P_{ст}$ – усилие сопротивления, Н;

f – коэффициент трения заготовок о поверхность рабочего пространства печи,
 $f=1$;

G – вес заготовки, лежащей на рабочем пространстве печи, Н.

$$G = 2070 \text{ Н}$$

$$P_{ст} = 2070 * 1 = 2070 \text{ Т.}$$

Ускорение заготовки определяют по формуле

$$a = v / t_{разг}, \quad (5)$$

где a – ускорение заготовки, м/с^2 ;

$t_{разг}$ – время разгона, с;

v – скорость заготовки, движущейся по рабочему пространству печи, м/с .

$$a = 0,2 * 4 = 0,8 \text{ м/с}^2.$$

Динамическую силу в Н определяют по формуле

$$F_{дин} = ma, \quad (6)$$

где m – масса заготовки, кг;

$$F_{дин} = 207 * 0,8 = 165,6 \text{ Н.}$$

Найдем общее усилие сопротивления в Н по формуле

$$P_{сопр} = F_{дин} + P_{ст} = 2070 + 165,6 = 2235,6 \text{ Н.}$$

Усилие выталкивателя в Н определяют по формуле

$$P_{выт} = P_{сопр} / \mu \quad (7)$$

где $P_{выт}$ – усилие толкателя, Н;

μ – коэффициент трения заготовок о поверхность рабочего пространства печи,

$$P_{выт} = 2235,6 / 1 = 2235,6 \text{ Н.}$$

Выбираем наибольшее усилие выталкивателя равное $P_{выт} = 2235,6 \text{ Н}$.

Момент, приведенный к валу электродвигателя, определяем по формуле:

$$M = \frac{P_{выт} D_p}{2} = 2235,6 * 0,16 / 2 = 179 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где M – момент, Н·м;

$P_{\text{выт}}$ – усилие толкателя, Н;

D_p – диаметр ролика, м.

Угловая скорость выходного вала редуктора:

$$\omega = \frac{v}{\frac{D_p}{2}} = \frac{0,2}{0,08} = 2,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \quad (8)$$

где ω – угловая скорость выходного вала, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$;

v – скорость выталкивания, м/с;

D_p – диаметр ролика, м.

Мощность привода толкателя:

$$N = \frac{M\omega}{975\eta} = \frac{176 \cdot 2,5}{0,85} = 0,53 \text{ кВт}, \quad (8)$$

где N – мощность привода, кВт;

M – момент, приведенный к валу электродвигателя, Н·м;

ω – угловая скорость выходного вала, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$;

η – КПД передачи, принимаемый 0,85.

6. ВЫБОР МОТОР-РЕДУКТОРА ПРИВОДА ВЫТАЛКИВАТЕЛЯ

Исходя из вычисленных значений момента и мощности привода, а также частоты вращения выходного вала мотора-редуктора был выбран мотора-редуктор «Кременкульского редукторного завода» NMRV- 040 - 30 - 9 -B3 - 0,55-SS1, где NMRV – тип редуктора с фланцем для присоединения электродвигателя; 040 – типоразмер мотор-редуктора; 30 – передаточное число; 9 – частота вращения выходного вала в об/мин; 0,55 – мощность; B3 – монтажное исполнение (рисунок 10); SS1 – исполнение выходного вала[4] (рисунок 11).

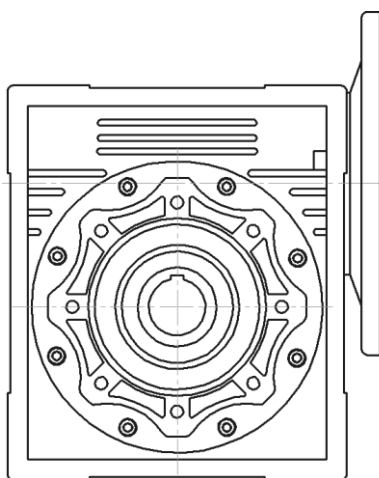


Рисунок 10 – Монтажное исполнение фланца

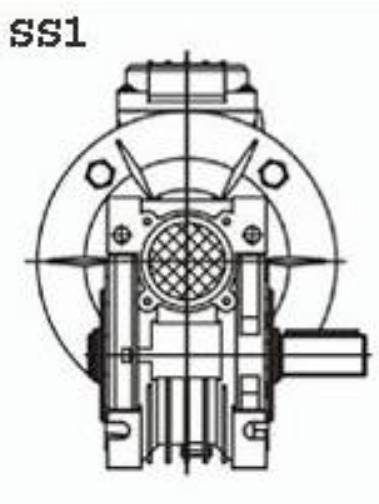


Рисунок 11 – Исполнение выходного вала

7. РАСЧЕТ ФРИКЦИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ, ПРИВОДНОГО РОЛИКА, ВЫБОР И РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ

Выбор подшипников для валов, удерживающих ведущий и ведомый ролики фрикционного выталкивателя

Диаметр под посадку подшипников у данных валов 65 мм. Предлагается выбрать сферические подшипники, т.к. основное применение сферического подшипника заключается в использовании их для работы в условиях тяжёлых радиальных и осевых нагрузок (в обоих направлениях). Важно только правильно подобрать изделия в зависимости от рабочих характеристик, которые определяются геометрией роликов, сепараторов и дорожек качения, качеством механической обработки и стойкостью к термическому воздействию.

Для данного диаметра можно подобрать несколько вариантов сферических подшипников. Остановимся на подшипнике радиальном роликовом сферическом 3513 ГОСТ 5721-75 (рисунок 8).

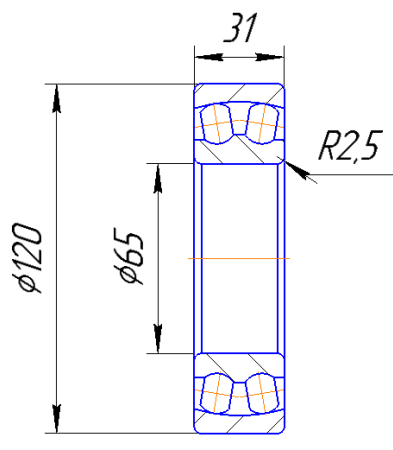


Рисунок 8 – Эскиз подшипника 3513 ГОСТ 5721-75

Основные размеры подшипника:

Внутренний диаметр подшипника $d = 65$ мм;

Внешний диаметр подшипника $D = 120$ мм;

Ширина внутреннего кольца $B = 31-0,12$ мм;

Радиусы скруглений $r = 2,5$ мм.

Расчет подшипников на заданный ресурс ведется по одной опоре, т.к. нагрузка на опоры одинаковая:

$$L = a_1 \cdot a_{23} \left(\frac{C}{P_i} \right)^k \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_3},$$

где $a_1 = 1$ – коэффициент долговечности при вероятности безотказной работы 90%,

$a_{23} = 0,6$ – коэффициент, характеризующий влияние на долговечность материала подшипника и условий его эксплуатации,

$k = \frac{10}{3}$ – для подшипников данной категории,

$n_3 = 10$ (мин⁻¹) – частота вращения тихоходного вала,

$C=260$ (кН) – базовая радиальная, динамическая грузоподъемность подшипника,

P – эквивалентная радиальная грузоподъемность подшипника:

$$P = R_i \cdot V \cdot K_b \cdot K_T,$$

где R_i – радиальная нагрузка, в опорах действующая на подшипник,

$V=1$ – коэффициент вращения кольца при вращении внутреннего кольца,

$K_b = 1,6$ – коэффициент безопасности при средних толчках и вибрационных нагрузках,

$K_T = 1,4$ – температурный коэффициент (выбирается в зависимости от рабочей температуры, при $t=140^\circ\text{C}$).

$$P_1 = 1 * 37900 * 1,6 * 1,4 = 84896,$$

Тогда:

$$L_1 = 1 * 0,6 * \left(\frac{260000}{84896} \right)^{\frac{10}{3}} * \frac{10^6}{60 * 10} = 41714 \text{ (ч)},$$

Сравним полученный ресурс со сроком капитального ремонта механизма выталкивателя (каждые 10 лет).

$$L_{\text{зад}} = 244 * 8 * 2 * 10 = 39040 \text{ ч.}$$

$$L_1 > L_{\text{зад}}$$

$$41714 > 39040$$

Полученный ресурс удовлетворяет требованиям и превосходит их на 6%. Следовательно, в ходе эксплуатации выталкивателя равной 41714 часов, не требуется менять подшипники.

Расчет пружины выталкивателя

Определим параметры пружин из условия прочности:

$$\tau = \frac{k \cdot 8 \cdot F_1 \cdot D_0}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau],$$

где τ – расчетное напряжение в поперечном сечении витка,

F_1 – сила, сжимающая пружину; $F_1 = 2235,6$ Н.

k – коэффициент, учитывающий влияние кривизны витков и поперечной силы:

$$k = \frac{4c + 2}{4c - 3},$$

где c – индекс пружины:

$$c = \frac{D_0}{d},$$

D_0 – средний диаметр пружины,

d – диаметр проволоки:

$$d^3 \sqrt{\frac{k \cdot 8 \cdot F_1 \cdot c}{\pi \cdot [\tau]}}$$

Примем $c = 10$, тогда:

$$k = \frac{4 \cdot 10 + 2}{4 \cdot 10 - 3} = 1,13.$$

$$F_1 = \frac{F}{n} = \frac{2236,5}{10} = 223,65 \text{ (Н)}.$$

Выбираем для пружин стальную углеродистую проволоку II класса по ГОСТ 9389-75 ($\sigma=400$ МПа)

$$[\tau]=0,4\sigma = 0,4 \cdot 400 = 160 \text{ МПа}.$$

Тогда, подставив все известные величины, в одну формулу получим:

$$d = \sqrt{\frac{1,13 \cdot 8 \cdot 2236,5 \cdot 10}{3,14 \cdot 160}} \approx 13,04 \text{ (мм)}.$$

Примем $d = 13$.

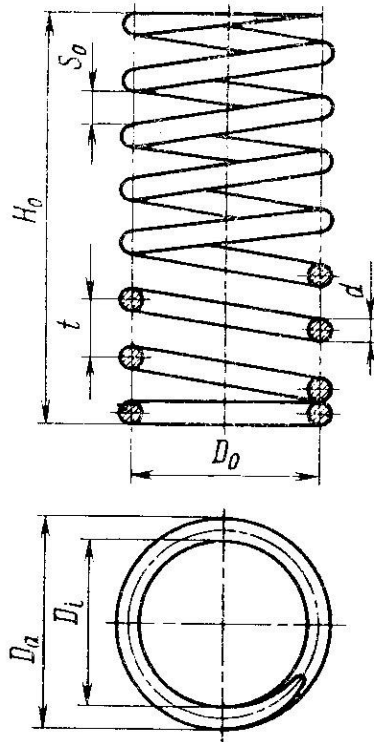


Рисунок 9 – Пружина сжатия

Тогда, напряжение в поперечном сечении витка будет равно

$$\tau = \frac{1,13 * 8 * 223,6 * 40}{3,14 * 13^3} = 52 \text{ (МПа)},$$

$$52 < 160$$

Условие прочности выполнилось, пружина работоспособна.

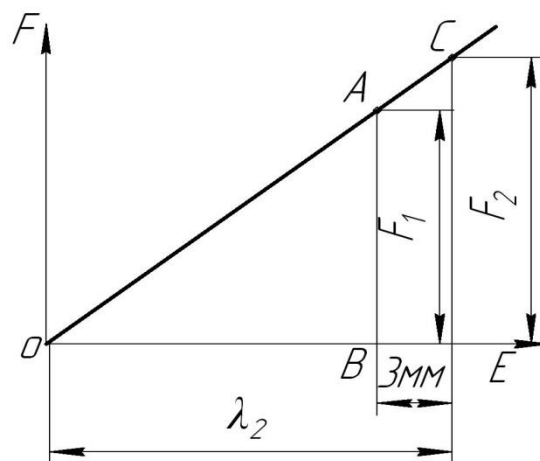


Рисунок 10 – Характеристика пружины сжатия

Определим величину осадки пружины λ_2 , учитывая, его увеличение на 3 мм при возрастании силы от F_1 до F_2 .

где $F_2 = 1,3 \cdot F_1 = 1,3 \cdot 223,65 = 291$ (Н),

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - 3} = \frac{F_2}{F_1},$$

тогда:

$$\lambda_2 = \frac{3 \cdot F_2}{F_2 - F_1} = \frac{3 \cdot 1,3 \cdot F_1}{F_1 \cdot (1,3 - 1)} = \frac{3 \cdot 1,3 \cdot 223,65}{223,65 \cdot (1,3 - 1)} = 13 \text{ (мм)}.$$

Найдем число рабочих витков пружины, выразив из выражения:

$$\lambda_2 = \frac{8 \cdot F_2 \cdot D_0^3 \cdot z}{G \cdot d^4},$$

где z – число рабочих витков пружины;

G – модуль сдвига, $G = 3 \cdot 10^3$ МПа;

Тогда выразив z , имеем:

$$z = \frac{\lambda_2 \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot F_2 \cdot D_0^3} = \frac{13 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 13^4}{8 \cdot 291 \cdot 40^3} = 8,4$$

Округлив до наибольшего целого значения, получим $z = 9$.

Тогда полное число витков пружины:

$$z_1 = z + 2 = 9 + 2 = 11.$$

Определим шаг пружины:

$$t = d + \frac{\lambda_2}{z_1} + s_p,$$

где $s_p = 0,1d$ – зазор между витками пружины, тогда:

$$t = d + \frac{\lambda_2}{z_1} + 0,1 \cdot d = 13 + \frac{13}{11} + 0,1 \cdot 13 = 15,48 \text{ (мм)},$$

Определим высоту при полном сжатии витков:

$$H_s = (z_1 - 0,5) \cdot d = (11 - 0,5) \cdot 13 = 136,5 \text{ (мм)},$$

Определим высоту свободной пружины:

$$H_0 = H_s + z \cdot (t - d) = 136,5 + 9 \cdot (15,48 - 13) = 158,82 \text{ (мм)}.$$

Вычислим отношение:

$$\frac{H_0}{D_0} \leq 5,$$

$$\frac{H_0}{D_0} = \frac{158,82}{40} = 3,9,$$

$$3,9 \leq 5.$$

Так как, данное условие выполнилось, то проверка пружины на устойчивость не нужна.

8. ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЫТАЛКИВАТЕЛЯ

С загрузочного рольганга заготовка загружается в нагревательную печь (рисунок 11) втаскивающим устройством через боковое окно. Продвижение металла по наклонному поду печи производится рычажным толкателем, в печи заготовка проходит две зоны – зона нагрева и томильная зона. Выдача заготовки из нагревательной печи производится поштучно через боковое окно с помощью выталкивателя заготовок и вытаскивающе-распределительного устройства.

Выталкиватель состоит из длинной штанги из швеллеров, жестко закрепленной на раме болтовым соединением, внутри которой на роликах закреплена непосредственно труба штанги. Данные ролики позволяют выталкивателю плавно и без перекосов совершать возвратно-поступательные движения, инициируемые ведущим и ведомым роликами от мотор-редуктора.

Привод включает в себя мотор-редуктор, зубчатую муфту со срезными болтами, двухпоточный цилиндрический редуктор, тормоз.

Выталкиватель работает следующим образом:

Входной вал редуктора получает вращение от реверсивного электродвигателя переменного тока. В дальнейшем выходной вал редуктора передает вращение через зубчатую муфту на шестерню, которая в свою очередь входит в зацепление с зубчатым венцом. Зубчатый венец соединен с приводным колесом при помощи болтового соединения.

Выталкиватель движется со скоростью 0,2 м/с на длину рабочего хода. Достигнув крайнего положения, срабатывает тормоз. После выгрузки заготовки из печи, командоаппарат посылает импульс на двигатель после чего, выталкиватель возвращается в исходное положение.

Торможение выталкивателя осуществляют путем отключения электродвигателя. Инерционное вращение вала предотвращают с помощью колодочного тормоза.

Тормоз состоит из основания, на котором установлены рычаги с колодками, штока и пружины, гидравлического толкателя.

При неработающем толкателе под действием сжатой пружины рычажная система прижимает колодки к поверхности тормозного шкива.

При включении толкателя его поршень выдвигает шток вверх, рычаги, освободившись от действия пружины, расходятся, растормаживая шкив.

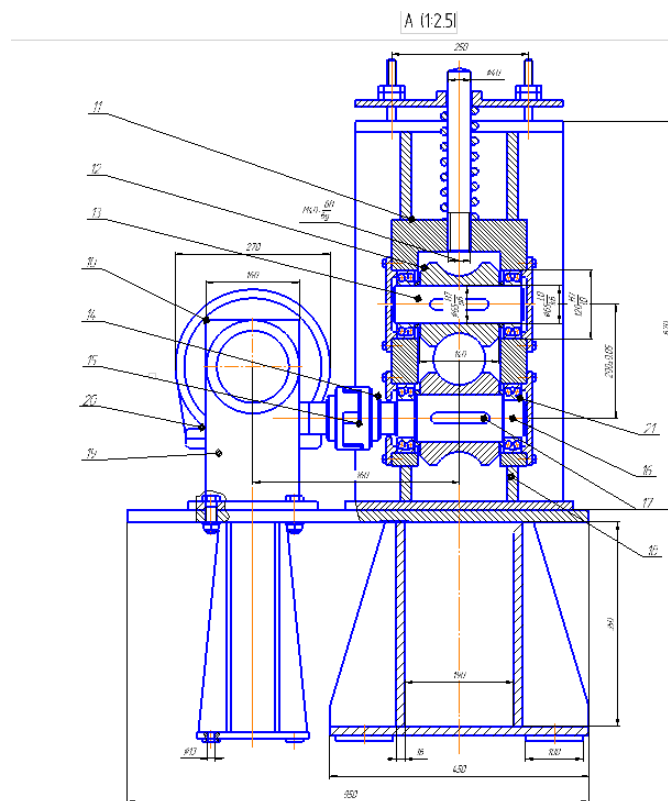
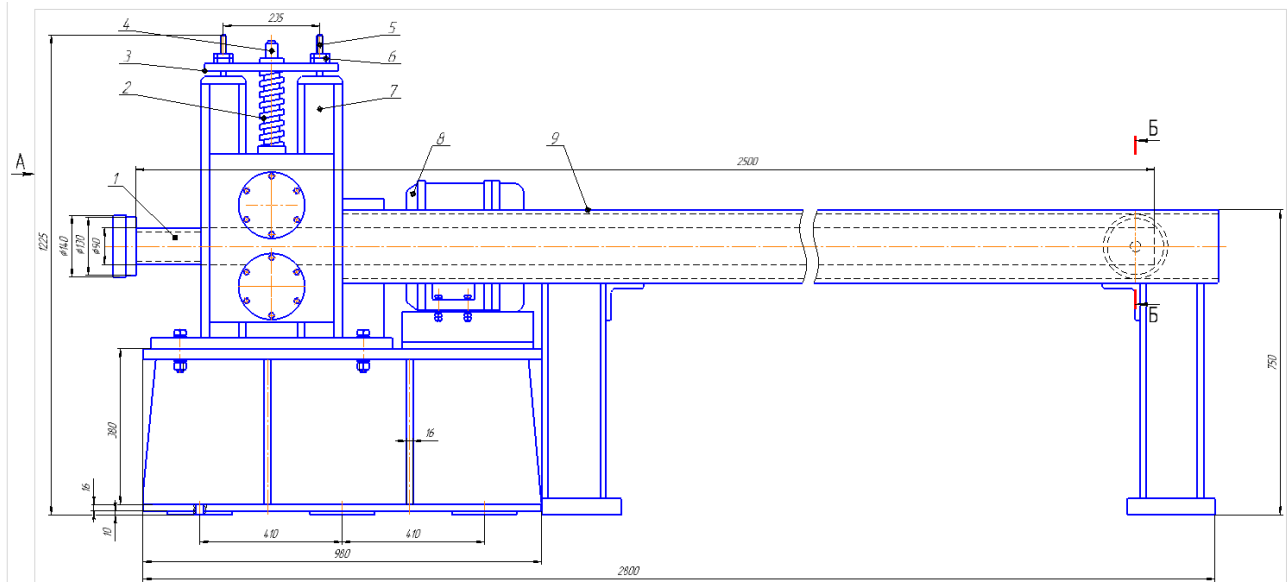


Рисунок 11 – Конструкция спроектированного выталкивателя

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе выполнена разработка и расчет фрикционного выталкивателя методической нагревательной печи.

Для достижения цели, были решены следующие задачи:

- проведен анализ существующих технологических схем размещения оборудования на участках нагревательных печей с боковой выдачей заготовок;
- изучены способы выдачи заготовок из методических печей с боковой выдачей;
- проведен обзор известных конструкций печных выталкивателей при боковой выдаче заготовок из методической нагревательной печи;
- описан выбор принципиальной схемы разрабатываемого выталкивателя и его основных параметров;
- проведен расчет усилий действующих на элементы конструкции выталкивателя, момента и мощности привода;
- проведен расчет фрикционной передачи, приводного ролика, выбор и расчет подшипников;
- приведено описание разработанной конструкции выталкивателя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванова, Н.И. Механизмы печей прокатного производства / Н.И. Иванова, А.А. Перимов, В.М. Тымчак. – М.: Машиностроение, 1972. – 224 с. Детали машин: учеб.-метод. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инжен. ин-т; сост. Е.А. Пшенов. – Новосибирск, 2010. – 91 с.
2. Детали машин. Основы теории, расчета и конструирования: Учебное пособие / В.П. Олофинская. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 72 с.
3. Детали машин: типовые расчеты на прочность: Учебное пособие / Т.В. Хруничева. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 224 с.
4. Детали машин: Учебник/Куклин Н. Г., Куклина Г. С., Житков В. К., 9-е изд., перераб. и доп - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.
5. Жуков, В.А. Детали машин и основы конструирования: Основы расчета и проектирования соединений и передач: Учеб. пособие / В.А. Жуков. - М.: Инфра-М, 2015. - 416 с.
6. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков и др. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 414 с.
7. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 414 с.
8. Механика. Основы расчёта и проектирования деталей машин: Учебное пособие / В.А. Жуков, Ю.К. Михайлов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 349 с.
9. Скойбеда, А.Т. Детали машин и основы конструирования: учебник / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик; под общ. ред. А.Т. Скойбеды. - Минск: Выш. шк., 2006. - 560 с.
10. Соколовская, В.П. Техническая механика. Детали машин. Курсовое проектирование: пособие / В.П. Соколовская. - Минск: Выш. шк., 2010. - 103 с.
11. Теория механизмов, машин и манипуляторов: Учебное пособие / Л.А. Борисенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 285 с.

12. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин: учебник / И.М. Жарский [и др.]. – Минск : Выш. шк., 2010. – 336 с.

13. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: Учебное пособие / И.С. Иванов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 224 с.