



## АННОТАЦИЯ

Колпаков П.А. Реечный толкатель методической нагревательной печи. – Челябинск: ЮУрГУ, МиМТ; 2017, 33 с., 18 ил., библиогр. список – 6 наим., 5 листов чертежей ф. А1

После анализа существующих схем размещения оборудования на участках нагревательных печей и обзора известных конструкций печных толкателей была выбрана кинематическая схема разрабатываемого толкателя и его основные параметры.

Был разработан сдвоенный реечный толкатель для торцевой загрузки методической печи. Также были рассчитаны: усилие толкания, которое составило 2 т, момент и мощность привода. По рассчитанным моменту и мощности были подобраны червячный редуктор и электродвигатель.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА УЧАСТКАХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ .....	7
2 СПОСОБЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЗАГОТОВОК В МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ .....	10
3 ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕЧНЫХ ТОЛКАТЕЛЕЙ ПРИ ТОРЦЕВОЙ ЗАГРУЗКЕ ЗАГОТОВОК В МЕТОДИЧЕСКУЮ НАГРЕВАТЕЛЬНУЮ ПЕЧЬ.....	19
3.1 Печной толкатель с амортизатором .....	19
3.2 Толкатель для перемещения заготовок в нагревательной печи.....	21
4 ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТОЛКАТЕЛЯ И ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ .....	24
5 РАСЧЕТ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ТОЛКАТЕЛЯ, МОМЕНТА И МОЩНОСТИ ПРИВОДА.....	25
6 ВЫБОР ПРИВОДА ТОЛКАТЕЛЯ .....	26
7 РАСЧЕТ РЕЕЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ .....	28
8 РАСЧЕТ ВАЛА ПРИВОДА ШЕСТЕРНИ .....	30
9 ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	35

## ВВЕДЕНИЕ

Печные механизмы отличаются значительной сложностью, так как работают в своеобразных условиях.

Отдельные элементы механического оборудования печей должны находиться непосредственно в рабочем пространстве печи, где температура достигает 1250-1350°C и работать при весьма значительных нагрузках.

Оборудование печей должно быть чрезвычайно надежным и долговечным, так как ремонт или замена механизма возможны зачастую только при остановке печи. В ряде случаев для ремонта механизмов необходимо также полное охлаждение печи. Перерывы же в работе печи приводят к длительному нарушению режима или даже прекращению работы всей производственной линии.

Увеличение объема, сложности и значимости печных механизмов привело к тому, что в настоящее время возникла практически новая отрасль металлургического производства – печное машиностроение.

В современных методических печах, для проталкивания заготовок, в основном, применяют винтовые, реечные и рычажные толкатели. При схемах транспортировки заготовок с торцевой загрузкой и торцевой выдачей, а также, торцевой загрузкой и боковой выдачей обычно применяют винтовые, либо реечные толкатели.

Винтовые толкатели применяют при усилии толкания до 50 т и ходе толкателя до 2,5 м. При больших усилиях толкания возникают трудности обеспечения прочности винта и выборе упорного подшипника, а при большем ходе очень сложно добиться достаточной устойчивости винта и штанг от продольного изгиба.

По этим причинам на современных крупных методических печах обычно применяют реечные толкатели.

Печные толкатели относятся к тихоходным механизмам с довольно спокойным режимом работы. Однако из практики известно, что работа толкателей в ряде случаев сопровождается довольно интенсивными колебаниями сложного характера, которые распространяются и на другие конструкции печи[1].

## 1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА УЧАСТКАХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Существуют три схемы транспортирования заготовок в методических печах[1]: торцовая загрузка и торцовая выдача, торцовая загрузка и боковая выдача, боковая загрузка и боковая выдача.

Первые две схемы применяют в случае нагрева заготовок квадратного сечения 120 – 150 мм и более, а первую также при нагреве слябов. Таким образом, печи с этими схемами транспортирования устанавливают перед крупносортовыми, среднесортовыми и листовыми станами.

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

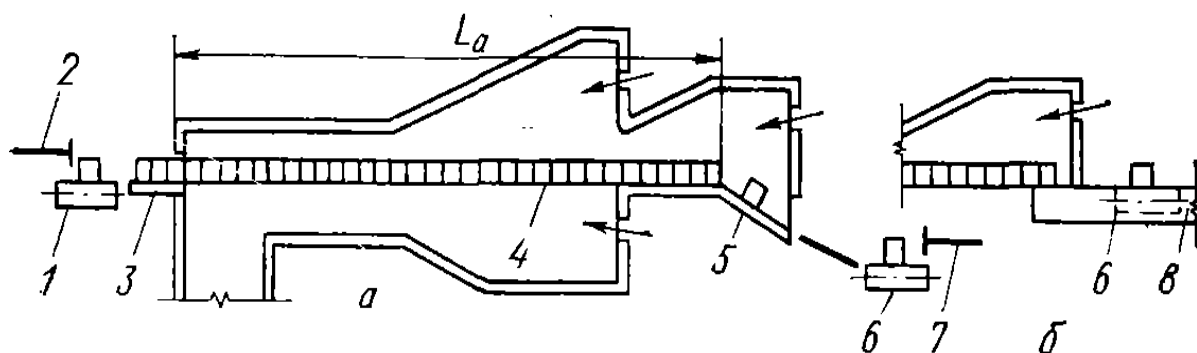


Рисунок 1 – Схема транспортирования заготовок с торцовой загрузкой и торцовой выдачей

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. При нагреве квадратных заготовок, а также слябов весом до 20 т нагретые заготовки 4 соскальзывают по склизу 5 (рисунок 1, а) из печи на рольганг выдачи 6. Против склиза устанавливают пружинный буфер 7, который препятствует выходу заготовки за предел рольганга, воспринимая ее удар.

Если печи предназначены для нагрева слябов весом от 20 т, то их нельзя выдавать по склизу, так как кинетическая энергия падающей заготовки чрезвычайно велика и не представляется возможным погасить ее каким-либо простым способом. В этом случае слябы выдают из печи на рольганг выдачи с помощью машины для безударной выдачи 8 (рисунок 1, б).

Схема и устройства для загрузки заготовок при торцовой загрузке и боковой выдаче (рисунок 2) точно такие же, как и при описанной выше схеме. Нагретая заготовка в этом случае попадает в желоб 10. Затем ее с помощью выталкивателя 9 выдают на рольганги выдачи 6.

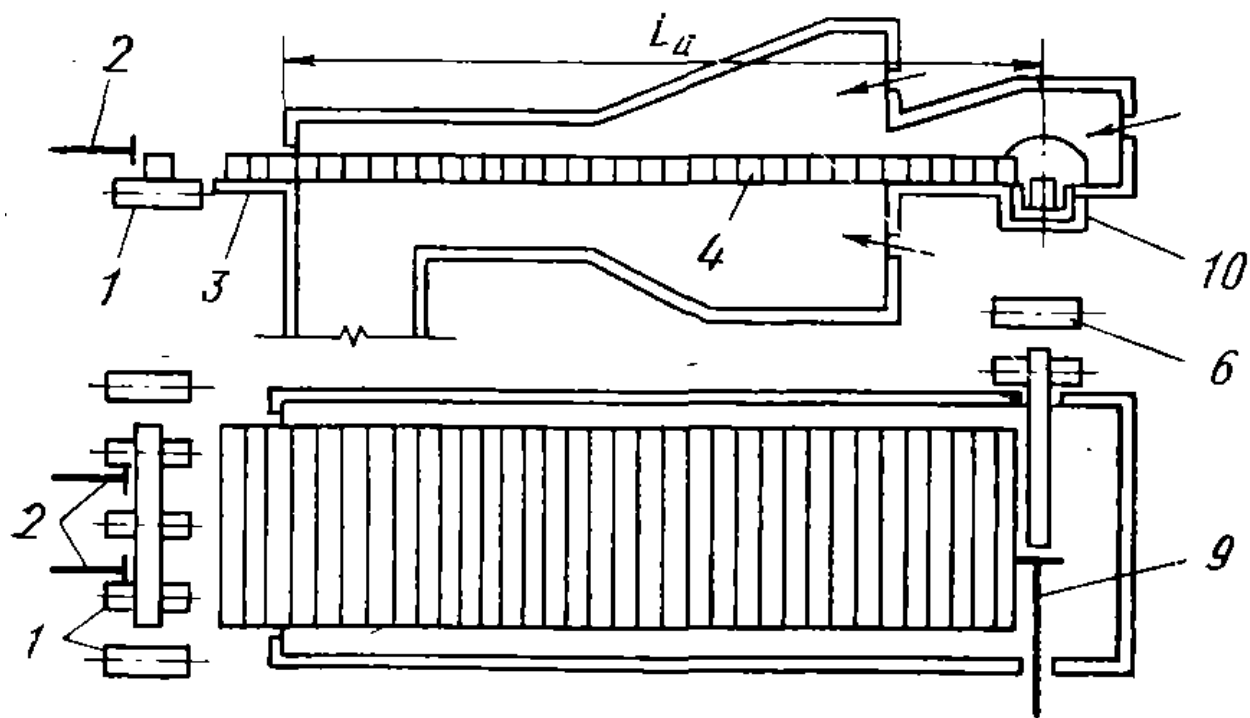


Рисунок 2 – Схема транспортирования заготовок с торцовой загрузкой и боковой выдачей

Первую из рассмотренных схем применяют для станов большой производительности, перед которыми необходимо устанавливать несколько печей. При торцовой выдаче нагретые заготовки из всех печей падают на один общий ролик выдачи, что позволяет просто решить компоновку печей со станом.

Печам с боковой выдачей присущ 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 ролик стана. Поэтому печи с боковой выдачей применяют обычно для станов с небольшой производительностью, для обслуживания которых достаточно одной печи.

В описанных схемах 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, а для слябов – 250 толщинам.

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.

Максимальное расстояние между подовыми трубами  $L$  в м можно определить по эмпирической формуле, предложенной Б. Р. Именитовым:

(1)

где  $s$  – минимальная толщина заготовки, м.

Величина консолей заготовок должна быть в пределах

$$0,15 - 0,20 \text{ м} \leq L_k \frac{L}{2}, \quad (2)$$

где  $L_k$  – расстояние от оси трубы до ближайшего конца заготовки.

При толщине 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 3). Такие печи устанавливают перед мелкосортными, проволочными и штрипсовыми станами непрерывной и бесконечной прокатки.

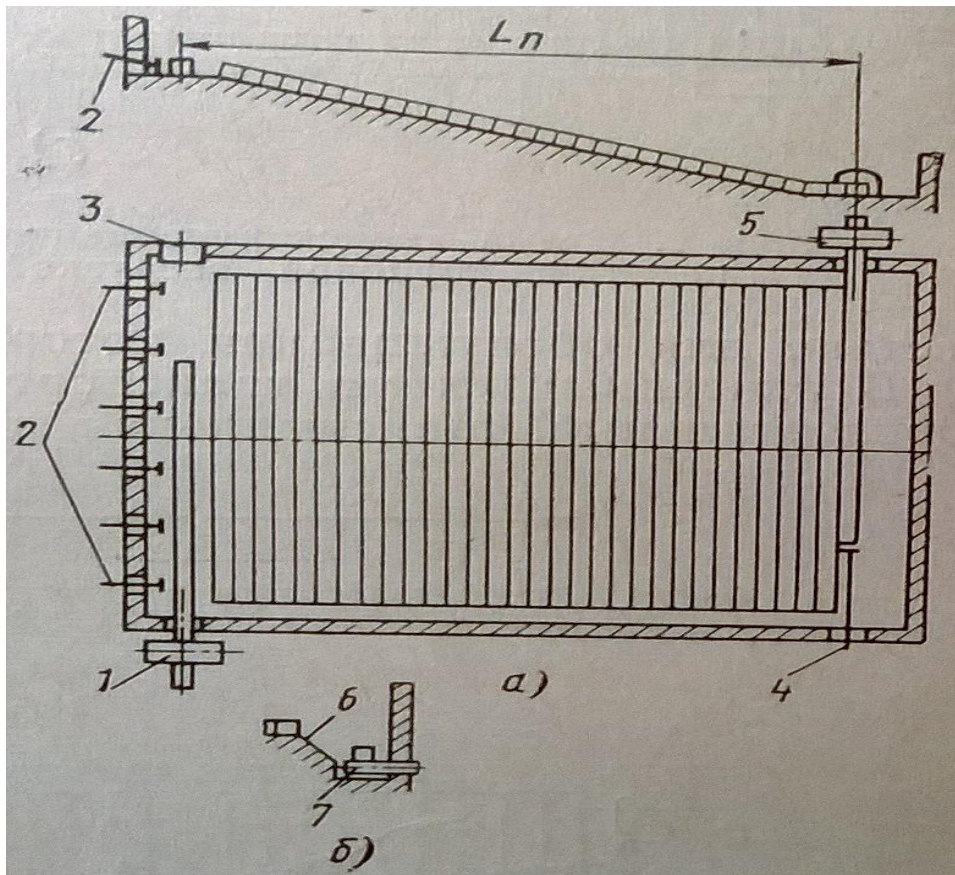


Рисунок 3 – Схема транспортирования с боковой загрузкой и боковой выдачей

В этом случае применение торцевой загрузки нецелесообразно. При торцевой 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 торцевой 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.

Торцовая выдача тонких заготовок затруднена тем, что сложно 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 3, 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 3, б). По рольгангу 7 заготовку передают из печи на цеховые рольганги.

Угол наклона  $\beta$  пода в печах с охлаждаемыми подовыми трубами должен быть около  $6^\circ$ , а в печах с кирпичным подом  $7 - 8^\circ$ . 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 ТРАНСПОРТИРОВКИ ЗАГОТОВОК В МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

По способу перемещения нагреваемого металла известные в настоящее время непрерывные печи можно разделить на шесть следующих типов[1]: толкательные печи, печи с вращающимся подом, печи с подвижными балками, печи с роликовым подом, конвейерные печи и протяжные печи.

В толкательных печах изделия при помощи толкателя (рисунок 4) проталкивают по кирпичной кладке пода или по специальным (неохлаждаемым или охлаждаемым) направляющим.



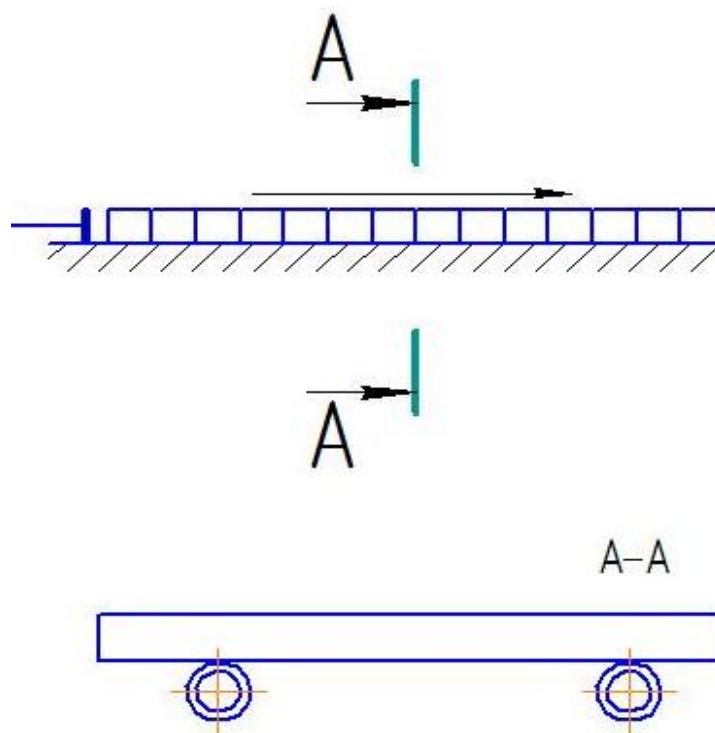


Рисунок 4 – схема транспортирования изделий в толкательных печах

Рабочие элементы толкателей и устройств для выдачи нагретых изделий вводят в рабочее пространство печи периодически (только в момент толкания или захвата). Элементы транспортирующих устройств, постоянно находящиеся в печи (например, ролики печного рольганга выдачи), немногочисленны и сравнительно легко заменимы. По этой причине нет необходимости ограничивать рабочую температуру печей из-за стойкости элементов механизма для транспортирования изделий. Толкательные печи можно применять для нагрева металла до температуры прокатки.

Этот наиболее старый способ транспортирования изделий через печи (его начали применять в конце XIX в.) отличается значительной надежностью. Для его осуществления необходимо сравнительно немного оборудования относительно простой конструкции, работающего при температуре, близкой к температуре цеха. Это является преимуществом рассматриваемого способа перед всеми остальными.

Однако транспортирование изделий через печь путем их проталкивания имеет ряд существенных технологических и эксплуатационных недостатков, от которых свободны более новые методы транспортирования изделий.

При проталкивании изделия трутся о под печи или направляющие, что приводит к повреждению их поверхности. Поэтому изделия, повреждение поверхности которых недопустимо (например, алюминиевые слитки), при таком методе транспортирования приходится проталкивать на поддонах или подкладках. Применение поддонов или подкладок вызывает непроизводительные затраты топлива на их нагрев. Кроме того, необходимы специальные механизмы и

дополнительный персонал для укладки изделий на поддоны, для разгрузки изделий с поддонов и возврата последних к загрузочному окну.

Проталкиваемые изделия давят друг на друга, что при высоких температурах может привести к свариванию их.

Проталкивать через печи можно изделия квадратного или прямоугольного сечения. Изделия сложной формы приходится транспортировать на поддонах, что нежелательно. Изделия круглого и многогранного поперечного сечения можно проталкивать по металлическим желобам соответствующей формы. Однако в этом случае рабочую температуру печи следует ограничивать исходя из приемлемого срока службы желобов.

Возможная длина проталкивания изделий прямоугольного сечения зависит от толщины изделия. Поэтому чем меньше толщина изделий, тем меньше возможная длина проталкивания, а, следовательно, и возможная производительность печи. В прокатном производстве метод проталкивания применяют для изделий толщиной не менее 35-40 мм.

Изделия, которые экономически целесообразно нагревать с одной стороны (например, стальные заготовки толщиной до 100-150 мм), проталкивают по монолитному поду. В этом случае длина изделия может быть практически любой (в прокатном производстве черной металлургии – от 0,7 до 12 м).

При нагреве изделий с двух сторон их нужно проталкивать по водоохлаждаемым подовым трубам (см. рисунок 4, А-А). В случае, если расстояние между соседними трубами будет слишком мало, то изделия с нижней стороны не будут нагреваться, а могут даже и охлаждаться. Поэтому расстояние между соседними трубами принимают не менее 600 мм. Это означает, что длина нагреваемого изделия не может быть менее 1 м.

Принцип транспортирования нагреваемых изделий в печи с вращающимся подом показан на рисунке 5. Изделие укладывают через окно загрузки на вращающийся под, имеющий форму диска или кольца. При вращении пода изделие проносят через печь и подают к окну выдачи. В небольших печах изделия загружают и выдают через одно и то же окно.

В процессе транспортирования изделия неподвижны относительно пода. Поэтому не происходит повреждения поверхности изделия и, кроме того, с него не осыпается образовавшаяся окалина, которая предотвращает дальнейшее окисление металла.

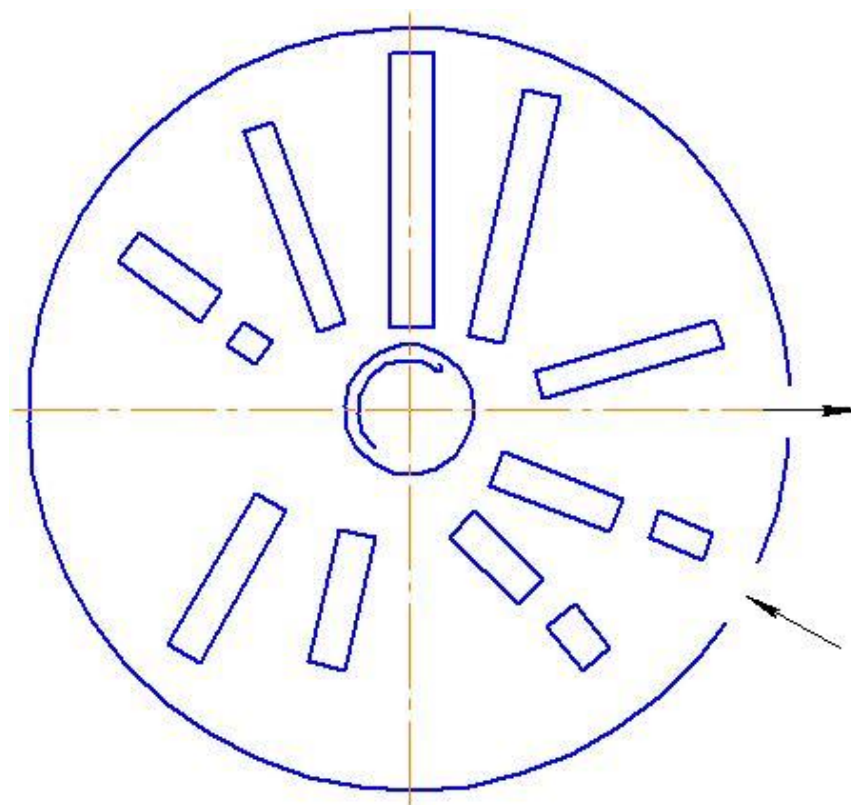


Рисунок 5 – Схема транспортирования изделий в печах с вращающимся подом

Загрузка в печи с вращающимся подом и выдача изделий не связаны между собой, опорожнить печь можно с помощью механизмов, используемых при нормальной эксплуатации.

Варьируя расположение изделий на поду и частоту включения механизмов вращения пода, можно управлять технологическим режимом нагрева более гибко, чем в толкательных печах.

В печах с вращающимся подом могут быть нагреты изделия любой формы. Длина изделий не должна превышать 4 – 5 м, так как иначе чрезмерно увеличиваются размеры печи, что осложняет решение конструкции печи и размещение ее в цепи. Ширина вращающегося пода действующих печей не превышает 6 м (наружный диаметр таких печей около 30 м).

По этим причинам применение таких печей ограничено случаями, когда изделия с формой, не приемлемой для толкательных печей, нужно нагревать до такой высокой температуры, которую сложно обеспечить в механизированных печах других типов.

В прокатном производстве печи с вращающимся подом используют для нагрева перед прокаткой колесной заготовки и трубной заготовки диаметром более 200 мм.

Схематично способ транспортирования изделий в печах с подвижными балками представлен на рисунке 6.

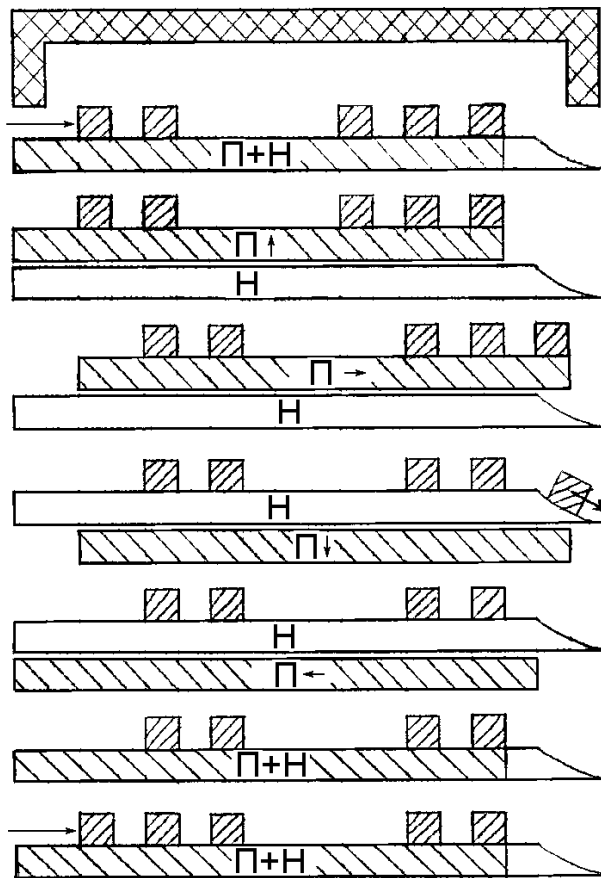


Рисунок 6 – Схема транспортирования изделий в печах с подвижными балками

Подвижные балки поднимают изделия со стационарного пода, переносят их в направлении транспортирования и опускают на стационарный под. После этого балки возвращаются в исходное положение для следующего цикла движения.

В этом случае рабочий элемент механизма транспортирования изделий (подвижные балки) находится непосредственно в печи, в зоне рабочих температур. Если балки выполнены из жаропрочных сталей, температура нагрева изделий не может быть выше  $900^{\circ}\text{C}$ . Если же балки будут водоохлаждаемыми или футерованы огнеупорным кирпичом, то возможен нагрев до температуры прокатки.

Метод транспортирования изделий на подвижных балках имеет все указанные ранее достоинства метода транспортирования на вращающемся поду.

В печах с подвижными балками можно нагревать изделия любой формы. Максимальная длина заготовок при этом может быть любой, практически встречающейся в прокатном производстве.

В печах с одной подвижной балкой ее ширину по конструктивным соображениям трудно сделать менее 450 мм. В печах же с несколькими футерованными балками минимальная ширина балки может быть порядка 700 мм. Поэтому при такой конструкции балок минимальная длина нагреваемого металла должна быть соответственно не менее 0,9 и 1,4 м.

При принятом числе балок и их расположении недопустим нагрев заготовок произвольной длины, так как при некоторых размерах заготовки будут лежать на балках с чрезмерно большой консолью. Консоль при нагреве может провиснуть, задевать за конструкции печи и этим нарушить нормальное прохождение металла через печь.

Преимуществом рассматриваемого метода транспортирования по сравнению с методом транспортирования на вращающейся подине является то, что нагреваемые изделия движутся по прямолинейному пути. Кроме того, загрузка и выдача изделий может быть осуществлена в ряде случаев с помощью самих подвижных балок без каких-либо специальных устройств. Это создает определенные удобства при включении печей в общий поток технологического процесса.

Принцип транспортирования изделий в печах с роликовым подом схематично показан на рисунке 7. В этом случае изделия продвигаются через печь с помощью приводных роликов.

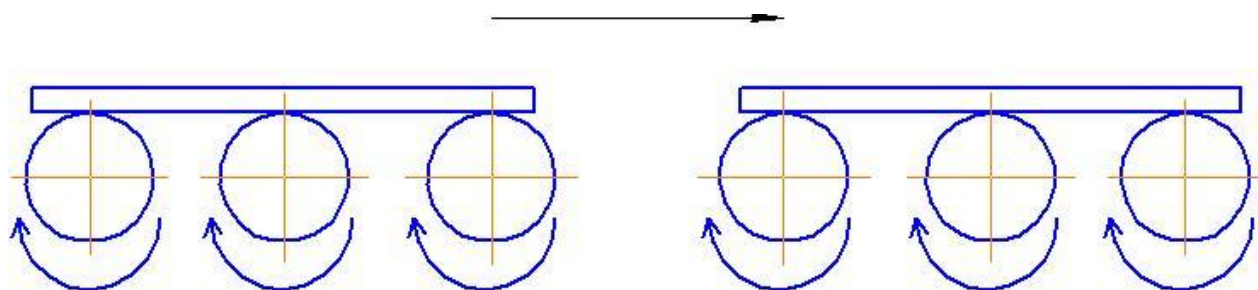


Рисунок 7 – Схема транспортирования изделий в печах с роликовым подом

В зависимости от конструкции печных роликов этот способ транспортирования можно применять во всем диапазоне температур нагрева металла для термической обработки и прокатки.

При транспортировании каждое изделие должно лежать не менее чем на двух, а желательно на трех роликах. Практически применимый шаг роликов бывает не менее 300-400 мм. Поэтому минимальная длина изделий, которые можно нагревать, в печах с роликовым подом, равна 1-1,5 м.

Во избежание ухода под печной рольганг размягчившегося при нагреве изделия его толщина должна быть не менее 1 мм.

Максимальная толщина и ширина нагреваемого изделия зависят только от соответствующей прочности ролика.

Такие печи, являясь по сути дела участком цеховых рольгангов, на котором проводят соответствующую операцию, хорошо вписывается в непрерывные линии самого разнообразного назначения.

Сочетание всех этих особенностей метода транспортирования на роликах делает его поистине универсальным, чем и объясняется широкое распространение печей этого типа.

Секционные печи скоростного нагрева являются разновидностью печей с роликовым подом. В этих печах нагревают преимущественно круглые заготовки

диаметром до 200 мм и трубы для термической обработки и прокатки. Такое ограничение сортамента нагреваемых изделий вызвано теплотехническими соображениями.

Шаг роликов по конструктивным соображениям не может быть меньше 1,2 м. Поэтому в секционных печах можно нагревать заготовки не короче 2,5 м.

Своеобразна конструкция секционных печей с транспортированием изделий на колесах.

Принцип работы механизмов секционных печей подобен принципу работы механизмов в обычных печах с роликовым подом.

В связи с тем, что в секционных печах проводят скоростной нагрев, скорость движения заготовок в них достаточно велика. По этой причине для секционных печей нецелесообразны режимы нагрева, при которых обязательна длительная выдержка, так как для этого требуется печь чрезмерно большой длины.

Схематично принцип транспортирования изделий в конвейерных печах показан на рисунке 8. В этом случае изделия передвигают через печь на бесконечном конвейере.

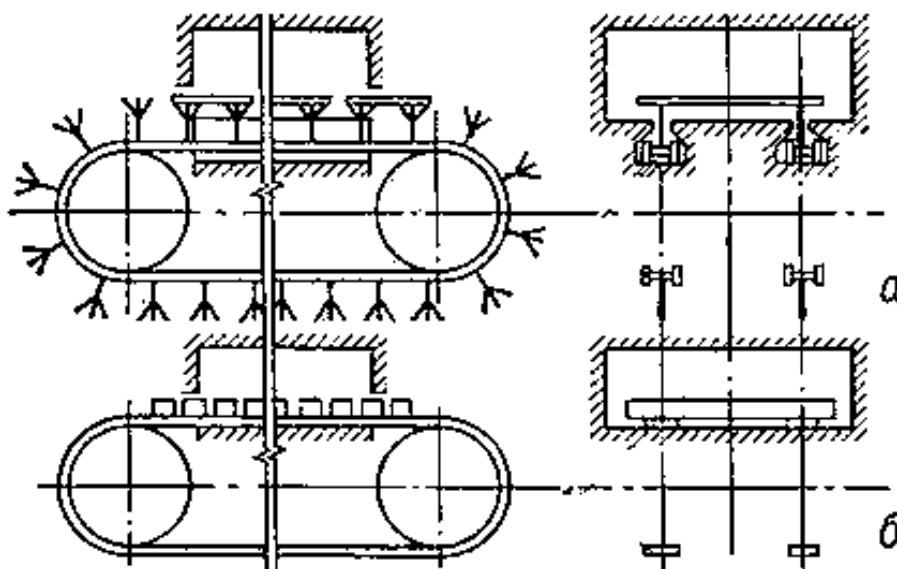


Рисунок 8 – Схема транспортирования изделий в конвейерных печах

На рисунке 8, а показана схема печного конвейера с подподовыми цепями. Собственно конвейерные цепи уложены в углублениях пода и заэкранированы от рабочего пространства, где господствуют высокие температуры. Нагреваемые же изделия укладывают на специальные несущие элементы, прикрепленные к цепям.

В печах с подовыми цепями изделия могут проталкиваться по поду печи или специальным направляющим с помощью прикрепленных к цепям валиков или проносятся через печь, как транспортером, непосредственно цепями (рисунок 8, б).

Подподовые цепи работают при температуре, которая ниже температуры нагрева изделий. Поэтому такой способ транспортирования применяют в печах для нагрева изделий до 900°C.

В печах с подовыми цепями обычно нагревают изделия до температуры, не превышающей  $600^{\circ}\text{C}$ . Однако, при небольшой нагрузке на цепи (т.е. при коротких печах и легковесной загрузке) практикуют нагрев и до более высокой температуры (около  $800^{\circ}\text{C}$ ).

В общем виде допустимая температура нагрева при конвейерном методе транспортирования зависит только от достаточной прочности цепей при этой температуре.

В прокатном производстве конвейерные печи применяют довольно редко и, главным образом, в тех случаях, когда форма изделий или режим их обработки исключают возможность применения печей с роликовым подом.

Например, печи с подподовыми или подовыми цепями используют для нагрева листовых изделий небольших размеров, которые нельзя транспортировать на печном рольганге. Такие изделия, кроме того, не создают значительных нагрузок на цепи. В печах с подподовыми цепями нагревают сутунки и пакеты перед листовыми станами прерывной прокатки.

Целесообразно применение печей с подовым конвейером для изотермической выдержки рельсов, так как температура нагрева не превышает  $600^{\circ}\text{C}$ , а длительность выдержки изделий в печи достигает 2 ч.

Схема транспортирования ленты в протяжных печах показана на рисунке 9. По способу транспортирования протяжные печи можно разделить на две группы: горизонтальные и вертикальные. В горизонтальных печах ленту протягивают через печь по ряду приводных роликов (см. рисунок 9, а). В вертикальных печах лента проходит через один (см. рисунок 9, б) или несколько (см. рисунок 9, в) вертикальных проходов, огибая приводные направляющие ролики. Разумеется, что этот метод транспортирования пригоден только для ленты.

При соответствующей конструкции печи и роликов температура нагрева ленты может достигать  $1200^{\circ}\text{C}$ . Герметизация протяжных печей решается сравнительно просто. Поэтому такие печи широко применяются в составе непрерывных агрегатов для термической и термохимической обработки, а также нанесения покрытий, как в черной, так и в цветной металлургии. В печах этого типа проводят отжиг нормализацию, закалку, обезуглероживание, цинкование, алюминирование и т.д. ленты из сталей различных видов (углеродистой, нержавеющей, электротехнических и т.д.) и из цветных металлов.

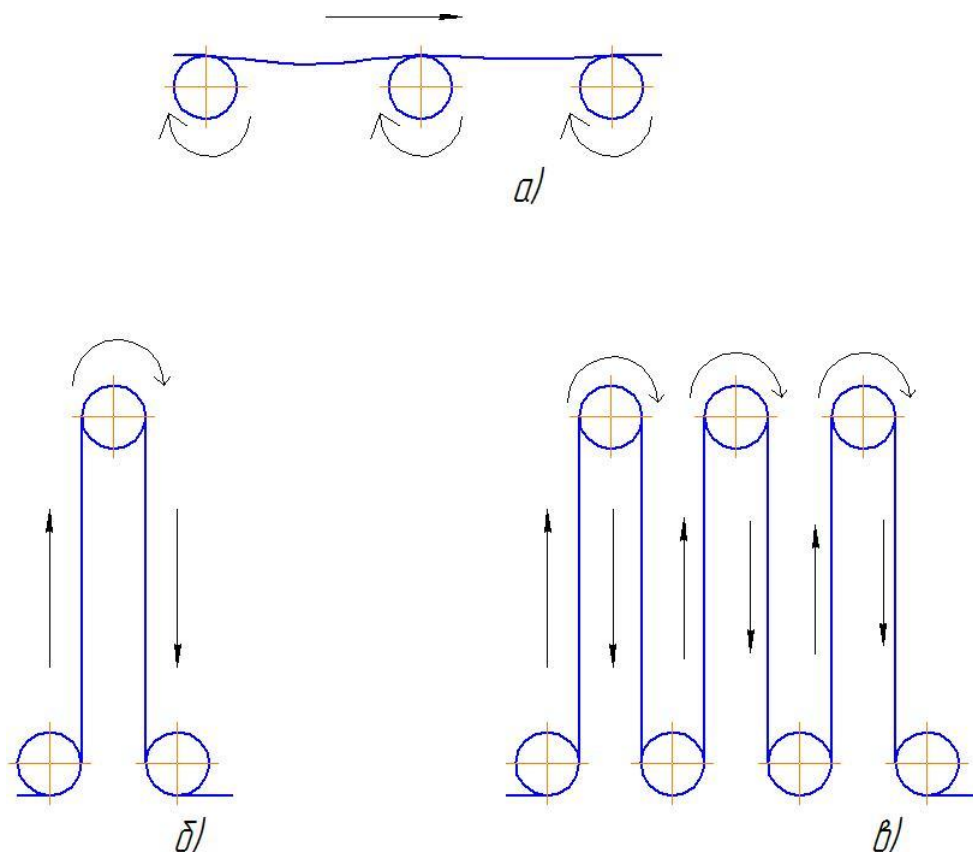


Рисунок 9 – Схема транспортирования ленты в протяжных печах

Протяжные печи следует считать наиболее перспективным агрегатом в области термической обработки листового металла.

Однако их можно применять только для таких видов термической обработки, общая длительность цикла которых не превышает 5 – 10 мин. При большей длительности цикла и экономически целесообразной производительности агрегата необходима чрезмерно большая длина ленты, находящейся в печи. В этом случае очень трудно, а часто и практически невозможно обеспечить нормальную эксплуатацию агрегата.

В горизонтальных протяжных печах лента не огибает транспортирующие ролики. По этой причине в печах такого типа можно обрабатывать стальную ленту до 6 мм.

Направляющие ролики вертикальных протяжных печей лента огибает с углом охвата  $180^\circ$ . Поэтому при толщине стальной ленты более 1 мм необходимы ролики чрезмерно большого диаметра, которые не всегда выполнимы по конструктивным соображениям. Это является причиной того, что многопроходные вертикальные печи не применяют для обработки ленты большей толщины. В однопроходных печах при специальной конструкции направляющих роликов можно нагревать ленту толщиной до 3,5 мм.

Исходя, из условий управления движением в горизонтальных протяжных печах, длина ленты составляет не более 150 – 200 м, а скорость ее движения не более 2 м/с. Эти обстоятельства обуславливают сравнительно небольшую производительность таких печей (до 5 – 7 т/ч). В многопроходных печах длина



ленты может приближаться к 1000 м, а скорость к 10 м/с, что увеличивает производительность до 50 – 60 т/ч. По этим причинам горизонтальные печи применяют при сравнительно небольшом объеме производства, а вертикальные – для обработки ленты в больших количествах.

Из этого краткого обзора видно, что рабочие элементы механизмов большинства непрерывных печей (ролики, цепи, балки, поддоны и т.п.) работают при высоких температурах и под значительными нагрузками. По этой причине сама возможность создания печей соответствующих типов появилась только после того, как было освоено производство жаропрочных сталей. Работоспособность и эксплуатационные показатели механизированных печей принципиально зависят от правильности выбора материала рабочих элементов механизмов[1].

### 3 ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕЧНЫХ ТОЛКАТЕЛЕЙ ПРИ ТОРЦЕВОЙ ЗАГРУЗКЕ ЗАГОТОВОК В МЕТОДИЧЕСКУЮ НАГРЕВАТЕЛЬНУЮ ПЕЧЬ

#### 3.1 Печной толкатель с амортизатором

Печной толкатель, содержащий привод, штангу с шарнирно закрепленными на ней толкающими пальцами, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности за счет снижения вибраций, он снабжен плитой с роликовыми опорами, системой рычагов и амортизатором, причем плита установлена в штанге с возможностью контактирования с толкающими пальцами и соединена через систему рычагов с амортизатором[2]. Изобретение относится к черной и цветной металлургии, к технике транспортирования заготовок в методических нагревательных печах прокатных цехов металлургических заводов и может быть использовано при загрузке заготовок с подводящего рольганга в печь, а также для продвижения по глассажным трубам заготовок, нагреваемых в печи, и выдачи при этом с другого торца печи нагретой заготовки на отводящий рольганг для транспортировки его к прокатному стану.

Известен фрикционный толкатель со скоростью передвижения 1 м/с и усилием толкания 5 – 10 кН, применяемый для выталкивания нагретых заготовок из печи, оборудованный амортизационными устройствами, расположенными в конечных положениях штанги. Амортизационные пружинные устройства служат для ограничения хода штанги в случае разрыва кинематической цепи привода и смягчения удара штанги о станину при ослаблении фрикционной связи. Устройство не предназначено для снижения виброактивности при скольжении выталкиваемой заготовки и предназначено для небольших по мощности толкателей.

Наиболее близким техническим решением к изобретению является сдвоенный печной толкатель с зубчатым приводом. Толкатель приводится в движение двумя электродвигателями типа МП, мощностью 75 кВт каждый, с частотой вращения 520 об/мин. Вращение от электродвигателей передается через вертикальный редуктор с передаточным числом  $U=188$ . Тихоходный вал редуктора соединен



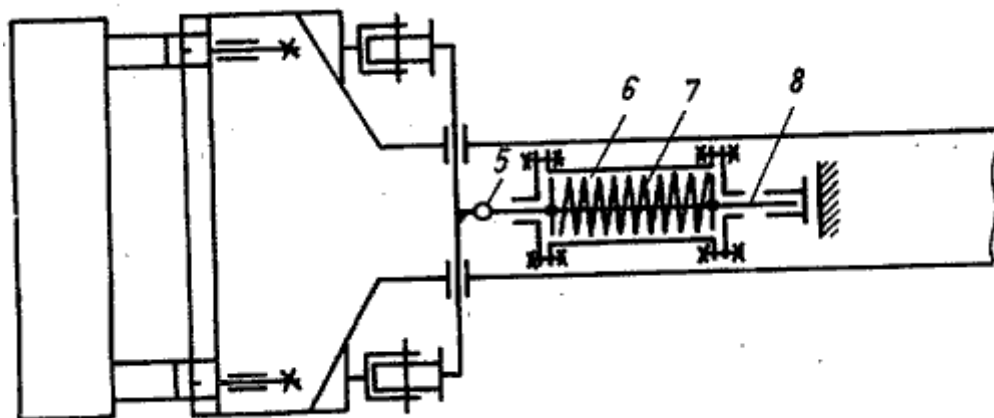


Рисунок 11 – Устройство толкателя, вид в плане

Устройство содержит заготовку 1, толкающие пальцы 2, шарнирно закрепленные на штанге и опирающиеся на промежуточную плиту 3 с роликовыми опорами 4. Роликовые опоры 4 входят в контакт с двуплечим рычагом 5, шарнирно соединенным с амортизатором 6, в котором расположена пружина 7 и который оборудован ограничителем обратного хода 8. Привод штанги 9 осуществляется от электропривода через зубчатую рейку 10 и шестерню 11 (рисунки 10, 11).

Работа осуществляется следующим образом.

От привода вращение передается шестерне 11, которая через зубчатую рейку 10 перемещает штангу 9 вперед. При этом пальцы 2 упираются в перемещаемую заготовку 1 и транспортируют ее в сторону методической печи. При перемещении единичных заготовок 1 усилие сопротивления перемещению недостаточно для сжатия пружины 7 амортизатора 6. Во время толкания значительного количества заготовок усилие, действующее на пальцы 2, приобретает автоколебательный характер из-за падающей зависимости коэффициента трения от скорости скольжения и амортизатор 6 вступает в действие, поглощая при этом энергию колебаний (рисунки 10, 11).

По сравнению с прототипом в предлагаемой конструкции толкателя снижение виброактивности амортизатором позволит ликвидировать внеплановые простои на ремонте толкателя, а вместе с ним и методической печи, что даст возможность увеличить выпуск продукции на прокатном стане [2].

### 3.2 Толкатель для перемещения заготовок в нагревательной печи

Изобретение относится к металлургии, а именно к вспомогательному оборудованию для обслуживания нагревательных печей прокатного производства [3]; оно может быть использовано для освобождения подлин нагревательных методических печей от заготовок во время остановки печей на ремонт.

Известен толкатель, предназначенный для проталкивания заготовок по монолитному поду нагревательных методических печей, представляющий собой

приводимые в действие от электродвигателя штанги, уложенные в направляющие желоба.

Штанговый толкатель выполнен в виде полой, водоохлаждаемой штанги (либо в виде стержня), возвратно – поступательное движение которой по направляющему желобу обеспечивается электродвигателем. Однако использование такого толкателя для освобождения монолитных подин от заготовок во время остановки печи на ремонт невозможно, так как при возвратно-поступательном движении штанги ход толкателя не превышает длины заготовки, а значит при остановке печи (прекращении подачи заготовок) штанга не проталкивает заготовки на полную длину печи. Поэтому для освобождения печи приходится применять дополнительные приспособления, которые укладывают между штангой и заготовками, проталкивают по поду печи, а затем извлекают, что значительно усложняет процесс освобождения печи.

Известен толкатель, в котором заготовки проталкиваются в печь штоком гидродвигателя. Ход гидродвигателя, а, следовательно, протяженность проталкиваемой заготовки (их количество) можно регулировать изменением положения телескопических втулок на нарезном стержне.

Этот толкатель отличается сложным конструктивным выполнением. Кроме того, использование его затрудняется из-за необходимости частого изменения положения телескопических втулок для того, чтобы обеспечить поштучную выдачу заготовок из печи на рольганг прокатного стана.

Известен также толкатель для перемещения заготовок в нагревательной печи, содержащий уложенные в направляющие желоба штанги с упорами, фиксатор, взаимодействующий с упорами штанг, привод. Фиксатор выполнен в виде пальцев, установленных на оси, прикрепленной к корпусу привода-гидроцилиндра. Пальцы с помощью упоров фиксируются так, что они отклоняются только в одну сторону.

Существенным недостатком указанного толкателя является его сложное конструктивное выполнение, т.е. перемещение штанг обеспечивается специально установленными в направляющих неподвижной рамы гидроцилиндрами. Фиксация пальцев осуществляется упорами, укрепленными на концах коромысла, положение которого меняется при помощи дополнительно установленного цилиндра. При изменении положения коромысла пальцы фиксируются так, чтобы штанга передвигалась в нужном направлении.

Цель изобретения - упрощение конструкции.

Цель достигается тем, что толкатель снабжен охватывающей штангу коробкой и шарнирно соединенной с ней тягой с рычагом, закрепленным на приводном валу, а фиксатор установлен на коробке и выполнен в виде двухпозиционного подпружиненного поворотного храповика.

На рисунке 12 показано приводное устройство штангового толкателя для освобождения подин нагревательных печей от заготовок; на рисунке 13 – то же, вид по стрелке А на рисунок 12.

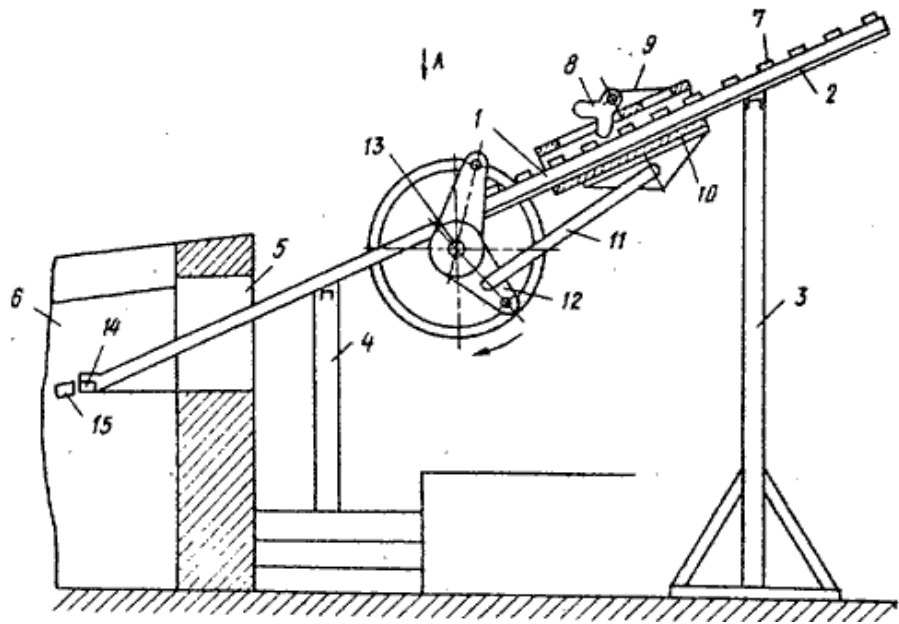


Рисунок 12 – Приводное устройство штангового толкателя

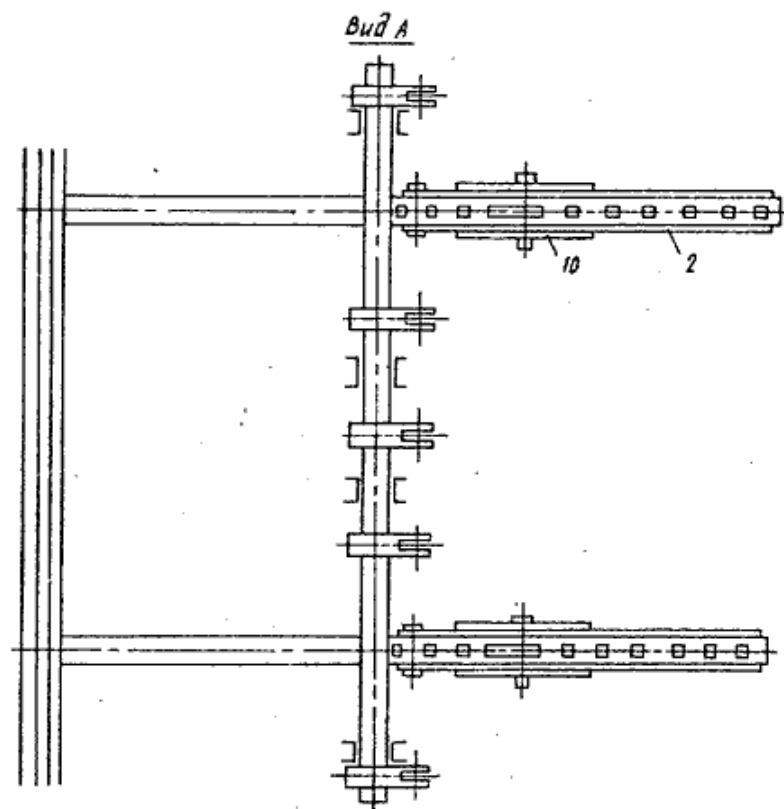


Рисунок 13 – Приводное устройство штангового толкателя, вид А

Толкатель содержит штангу 1, уложенную в направляющий желоб 2, которые установлены на стойках 3 и 4 перед окном загрузки 5 нагревательной печи 6. На штанге 1 приварены прямоугольные упоры 7 для взаимодействия с фиксатором, который выполнен в виде двухпозиционного подпружиненного поворотного храповика 8 с рычагом 9, установленного на охватывающей штангу 1 подвижной

коробке 10, шарнирно соединенной тягой 11 с рычагом 12, жестко закреплённым на приводном валу 13 штангового толкателя 14, постоянно обслуживающего нагревательную печь 6 с заготовками 15 (см. рисунки 12,13).

Толкатель работает следующим образом.

Штанга 1, пропущенная через подвижную коробку 10 с храповиком 8 и уложенная в направляющий желоб 2, упирается в заготовки 15, находящиеся в нагревательной печи 6. При движении штангового толкателя 14 вперед храповик 8 рычагом 9 упирается в один из упоров 7 штанги 1 и перемещает штангу на один ход штангового толкателя 14 вперед. При этом заготовки 15, находящиеся в печи 6, перемещаются по подине в сторону окна выдачи на расстояние одного хода штангового толкателя 14.

При движении штангового толкателя 14 назад рычаг 9 храповика 8, приподнимаясь, проходит над упорами 7 штанги 1, оставляя ее неподвижной. При повторном цикле движения штанги 1 и заготовок 15 повторяются. Процесс выталкивания заготовок 15 продолжается до тех пор, пока все заготовки, 15 находящиеся в печи 6, не будут выданы на рольганг прокатного стана и подина печи 6 не освободится от заготовок (см. рисунки 12,13).

Использование описываемого толкателя позволяет механизировать процесс освобождения монолитного пода печи от заготовок во время остановки печи на ремонт, упростить конструкцию устройства за счет исключения гидропривода, улучшить условия обслуживания печи. В результате обеспечивается поштучная выдача заготовок на рольганг нагретой печи, имеющей как наклонный в сторону окна выдачи, так и прямой монолитный под.

Формула изобретения.

Толкатель для перемещения заготовок в нагревательной печи, содержащий уложенные в направляющие желоба штанги с упорами, фиксатор, взаимодействующий с упорами штанг, привод, отличающийся тем, что, с целью упрощения конструкции, он снабжен охватывающей штангу коробкой и шарнирно соединенной с ней тягой с рычагом, закрепленным на приводном валу, а фиксатор установлен на коробке и выполнен в виде двухпозиционного подпружиненного поворотного храповика[3].

#### 4 ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТОЛКАТЕЛЯ И ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

После проведенного анализа технологических схем размещения оборудования на участках нагревательных печей и обзора существующих конструкций печных толкателей была выбрана принципиальная схема, указанная на рисунке 14. Схема включает в себя печь 1, заготовки 2, перемещаемые по поду печи, заготовку 3, подаваемую рольгангом к толкателю, опорные ролики 4, служащие для поддержания толкающих штанг, реечную передачу 5, состоящую из рейки и шестерни, толкающие штанги 6, упругую втулочно-пальцевую муфту 7, соединяющую валы толкателей, редуктор 8 и электродвигатель 9.

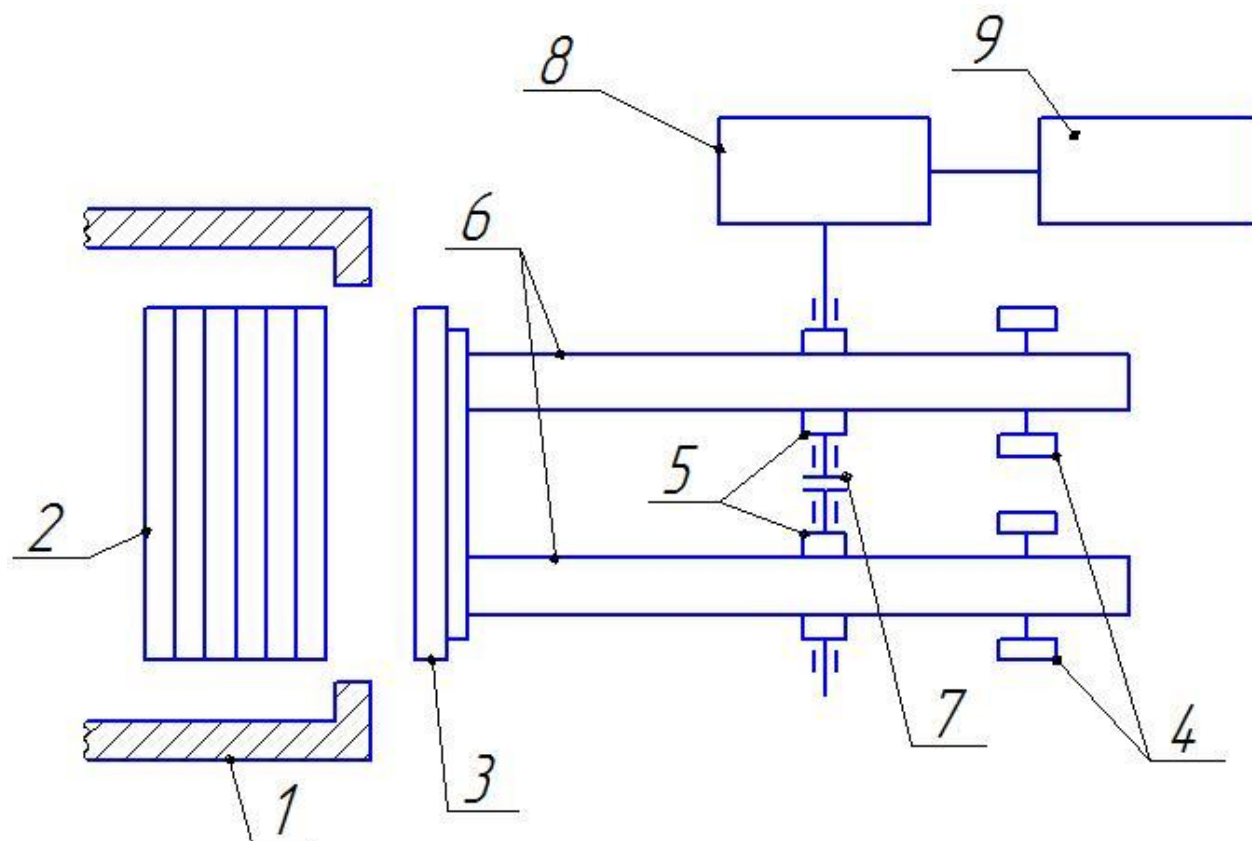


Рисунок 14 – Принципиальная схема разрабатываемого толкателя

Учитывая исходные данные к работе, толкатель делаем сдвоенным с габаритными размерами одного толкателя: длина – 1920 мм, ширина – 450 мм, высота – 1062 мм. Используем реечную передачу для перемещения толкателя, нижний опорный каток, для перемещения толкающей штанги и пару верхних опорных роликов для фиксации штанги в вертикальном направлении. Толкатели соединяются между собой упругой втулочно-пальцевой муфтой.

## 5 РАСЧЕТ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ТОЛКАТЕЛЯ, МОМЕНТА И МОЩНОСТИ ПРИВОДА

Расчет ведем по следующей методике[1].

Рабочий ход  $L$  толкателя выбирают равным сумме длины бочки ролика  $L_p$  рольганга загрузки и длины стола загрузки  $L_c$ . Для печей, в которых нагревают сортовые заготовки, длина стола не должна быть меньше 2 – 3 максимальных толщин заготовок. Толкатель следует располагать так, чтобы толкающие пальцы в крайнем правом положении не упирались в конструкции печи, а в крайнем левом уходили за пределы бочки ролика примерно на 100 мм. Отсюда:

$$L=L_p+L_c+0,1=0,15+3\cdot 0,1+0,1=0,55 \text{ м}, \quad (3)$$

где  $L$  – рабочий ход толкателя, м;

$L_p$  – длина бочки ролика рольганга загрузки, м;

$L_c$  – длина стола загрузки, м.

Усилие толкателя в т определяют по формуле

$$P_T \geq \mu_1 Q_1 + \mu_2 Q_2 = 0 + 1 \cdot 1,76 = 1,76 \text{ т}, \quad (4)$$

где  $P_T$  – усилие толкателя, т;

$\mu_1, \mu_2$  – соответственно коэффициенты трения заготовок о подовые трубы и монолитную подину, так как подовых труб нет, принимаем  $\mu_1=0$ , а  $\mu_2=1$ ;

$Q_1, Q_2$  – соответственно вес заготовок, лежащих на подовых трубах и монолитном поде, т.

Выбираем наибольшее усилие толкателя равное  $P_T=2$  т, наибольшее усилие на одну штангу  $P_{ш}=1$  т.

Момент, приведенный к валу электродвигателя, определяем по формуле:

$$M = 500 P_T D = 500 \cdot 2 \cdot 0,144 = 144 \text{ кг} \cdot \text{м} = 1412 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (5)$$

где  $M$  – момент, Н·м;

$P_T$  – усилие толкателя, т;

$D$  – диаметр приводной шестерни по начальной окружности, м.

Частота вращения выходного вала редуктора:

$$n = \frac{60v}{\pi D} = \frac{60 \cdot 0,05}{3,14 \cdot 0,144} = 6,63 \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \quad (6)$$

где  $n$  – частота вращения выходного вала, об/мин;

$v$  – скорость толкания, м/с;

$D$  – диаметр приводной шестерни по начальной окружности, м.

Мощность привода толкателя:

$$N = \frac{Mn}{975\eta} = \frac{144 \cdot 6,63}{975 \cdot 0,85} = 1,15 \text{ кВт}. \quad (7)$$

где  $N$  – мощность привода, кВт;

$M$  – момент, приведенный к валу электродвигателя, кг·м;

$n$  – частота вращения выходного вала редуктора, об/мин;

$\eta$  – КПД передачи, принимаемый 0,85.

## 6 ВЫБОР ПРИВОДА ТОЛКАТЕЛЯ

Исходя из вычисленных значений момента и мощности привода, а также частоты вращения выходного вала редуктора был выбран червячный редуктор «Кременкульского редукторного завода» NMRV 150.80.17,5.4,0x1400.B3.SZDX, где NMRV – тип редуктора с фланцем для присоединения электродвигателя; 150 –



межосевое расстояние червяка и шестерни; 80 – передаточное число; 17,5 – частота вращения выходного вала в об/мин; 4,0x1400 – мощность и обороты электродвигателя; В3 – монтажное исполнение (рисунок 15); SZDX – исполнение выходного вала[4] (рисунок 16);

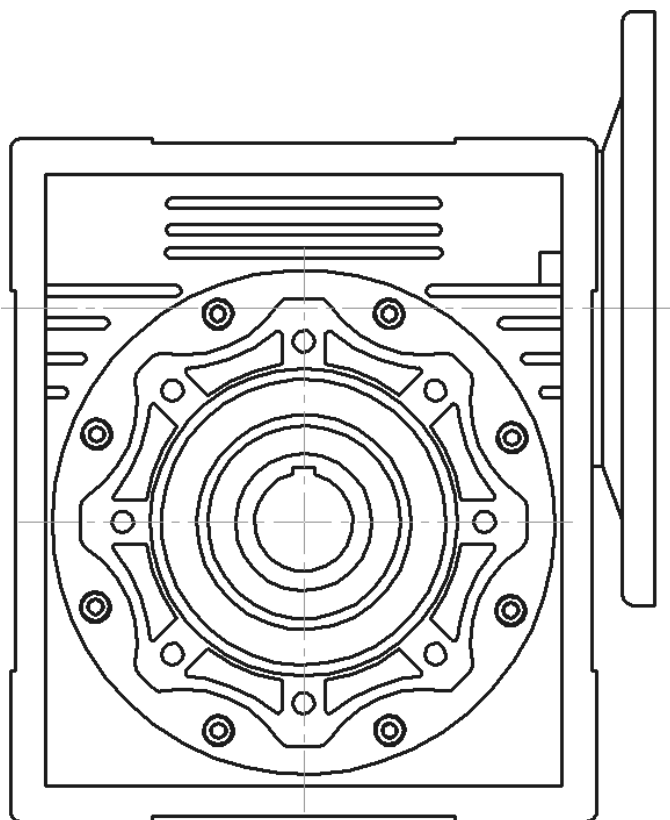
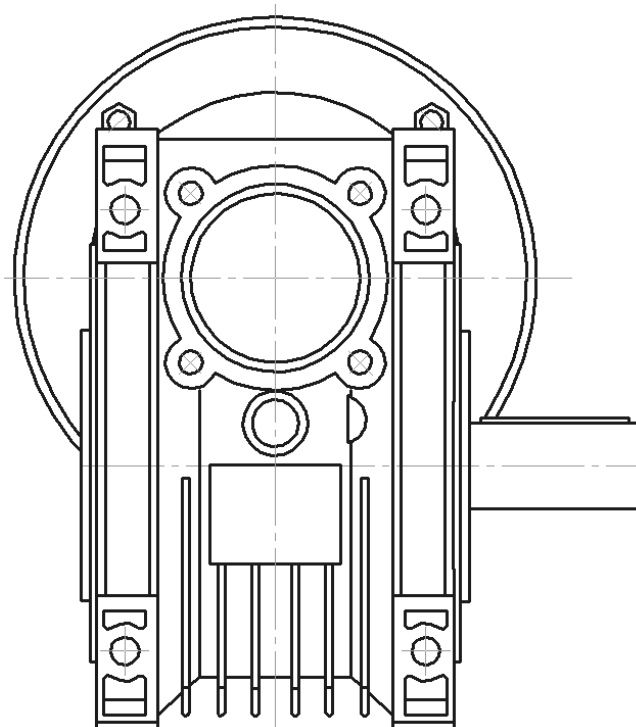


Рисунок 15 – Монтажное исполнение фланца



## Рисунок 16 – Исполнение выходного вала

К данному типу редуктора выбираем электродвигатель РАМ 112 М4, мощностью 4 кВт и КПД=84,2%.

### 7 РАСЧЕТ РЕЕЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Рассчитаем реечную передачу[5].

Определим допускаемые напряжения изгиба по формуле:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flim}}{[S_F] \cdot [S_F]'} = \frac{500}{1,8 \cdot 1,15} = 241,5 \text{ МПа}, \quad (8)$$

где  $[\sigma_F]$  – допускаемые напряжения изгиба, МПа;

$\sigma_{Flim}$  – предел выносливости при отнулевом цикле изгиба, МПа;

$[S_F]'$  – коэффициент нестабильности материала;

$[S_F]''$  – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса.

Принимая число зубьев шестерни равным  $Z=24$ , рассчитаем ее модуль, исходя из расчета прочности на изгиб по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{P \cdot Y_F}{[\sigma_F] \cdot \psi_m}} = \sqrt{\frac{20000 \cdot 3,39}{241,5 \cdot 10}} = 5,2, \text{ мм.} \quad (9)$$

где  $m$  – модуль шестерни, мм;

$P$  – окружное усилие шестерни, равное толкающему усилию, Н;

$Y_F$  – коэффициент, учитывающий форму зуба;

$\psi_m$  – коэффициент ширины реечного зацепления по модулю.

В соответствии с ГОСТ 9563-60 выбираем модуль равный  $m=6$ .

Рассчитаем зубья шестерни[1].

Диаметр окружности выступов:

$$D_e = m(z + 2f_0 + 2\psi) = 6(24 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5) = 162 \text{ мм.} \quad (10)$$

где  $z$  – число зубьев шестерни;

$f_0$  – коэффициент высоты зуба, выбираемый по ГОСТу 13755-68;

$\psi$  – коэффициент сдвига, равный 0,5.

Диаметр окружности впадин:

$$D_i = m(z - 2f_0' + 2\psi) = 6(24 - 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5) = 138 \text{ мм.} \quad (11)$$

где  $f_0'$  – отношение высоты ножки зуба к модулю, равное 1.

Диаметр основной окружности:

$$D_o = D_d \cos \alpha = 144 \cdot 0,94 = 135,32 \text{ мм.} \quad (12)$$

где  $D_d$  – диаметр делительной окружности, равный:

$$D_d = mz = 6 \cdot 24 = 144 \text{ мм.} \quad (13)$$

$\alpha$  – угол зацепления, равный  $20^\circ$ .

Толщина зуба по начальной окружности:

$$S_d = mS_n - \Delta S = 6 \cdot 1,926 - 1 = 11,56 \text{ мм.} \quad (14)$$

где  $S_n$  – толщина зуба по начальной окружности в нормальном сечении, мм;

$\Delta S$  – обязательное утонение зуба по дуге начальной окружности, равное 1, мм.

Высота головки зуба:

$$h = \frac{D_e - D_d}{2} = \frac{162 - 144}{2} = 9 \text{ мм.} \quad (15)$$

Высота установки зубомера:

$$h_{xn} = h - k_x = 9 - 0,47 = 8,53 \text{ мм.} \quad (16)$$

$$k_x = mk = 6 \cdot 0,078 = 0,47 \text{ мм.} \quad (17)$$

Для построения профиля зуба вычисляют его толщину по переменному диаметру  $D_o$  по формуле:

$$(18)$$

где  $\alpha_{\text{остр}}$  – угол давления в точке заострения, который находят по формуле:

$$(19)$$

где  $\xi$  – коэффициент смещения исходного контура, равный +0,5.

Отсюда  $\alpha_{\text{остр}} = 45^\circ$ .

$\alpha_e$  – угол давления по окружности выступов, который находят по формуле:

$$\cos \alpha_e = \frac{D_o}{D_e} = 0,84.$$

(20)

Отсюда  $\alpha_e = 33^\circ$ .

## 8 РАСЧЕТ ВАЛА ПРИВОДА ШЕСТЕРНИ

Рассчитаем вал (рисунок 17) на прочность.

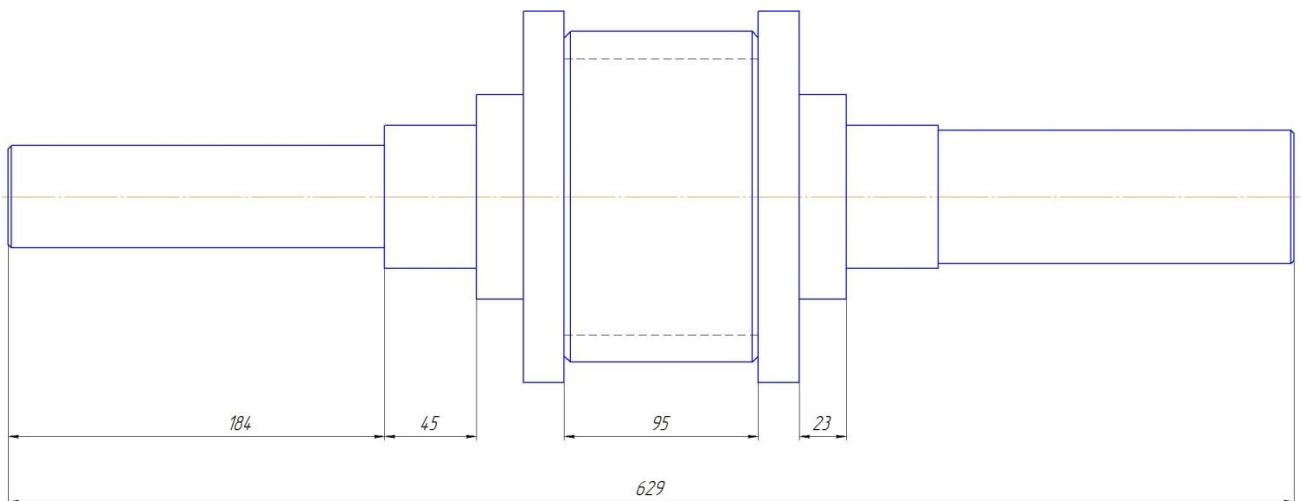


Рисунок 17 – Вал-шестерня

Составим расчетную схему и построим эпюры сил и моментов (рисунок 18).

1. Обозначим опоры "А" и "В".

2. Укажем опорные реакции "VA" и "VB".

3. Составим уравнения равновесия:  $M_A = 0$ ;  $M_B = 0$ .

$$M_A = + V_B * 0,22 + M_1 = 0,$$

$$V_B = (+ M_1) / - 0,22 = (+ 1,44) / - 0,22 = -6,545 \text{ кН.}$$

$$M_B = - V_A * 0,22 + M_1 = 0,$$

$$V_A = (+ M_1) / + 0,22 = (+ 1,44) / + 0,22 = 6,545 \text{ кН.}$$

4. Выполним проверку, используя уравнение  $\sum Y = 0$ :

$$\sum Y = V_A + V_B = 0$$

$$\sum Y = + 6,545 - 6,545 = 0,00$$

Ответ:  $V_A = 6,545 \text{ кН}$ ;  $V_B = -6,545 \text{ кН}$ .

5. Строим эпюру Qx. Определим значения поперечных сил в характерных сечениях:

$$Q1 = 0$$

$$Q2 \text{ лев} = 0$$

$$Q2 \text{ прав} = - V_B = - 6.545 = -6.545$$

$$Q3 = - V_B = - 6.545 = -6.545$$

$$Q4 \text{ лев} = - V_B = - 6.545 = -6.545$$

$$Q4 \text{ прав} = - V_B + V_A = - 6.545 + 6.545 = 0$$

$$Q5 = - V_B + V_A = - 6.545 + 6.545 = 0$$

6. Стром эпюру  $M_x$ . Определим изгибающие моменты в характерных точках:

$$M1 = 0$$

$$M2 = 0$$

$$M3 \text{ лев} = - V_B * 0.11 = - 6.545 * 0.11 = -0.720$$

$$M3 \text{ прав} = - V_B * 0.11 + M1 = - 6.545 * 0.11 + 1.44 = 0.720$$

$$M4 = - V_B * 0.22 + M1 = - 6.545 * 0.22 + 1.44 = 0$$

$$M5 = - V_B * 0.42 + M1 + V_A * 0.2 = - 6.545 * 0.42 + 1.44 + 6.545 * 0.2 = 0$$

Таким образом,  $M_{\max} = 0.72 \text{ кН*м}$ .

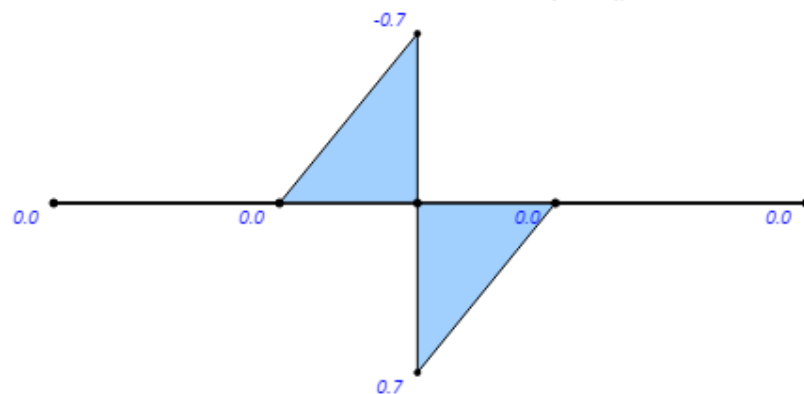
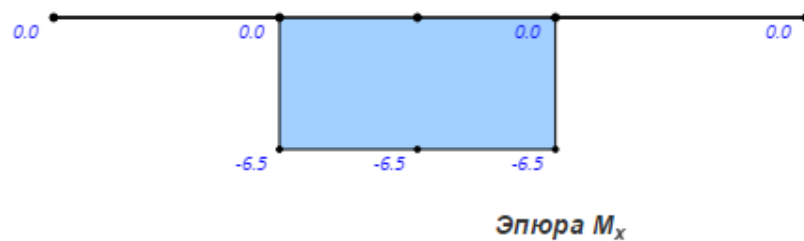
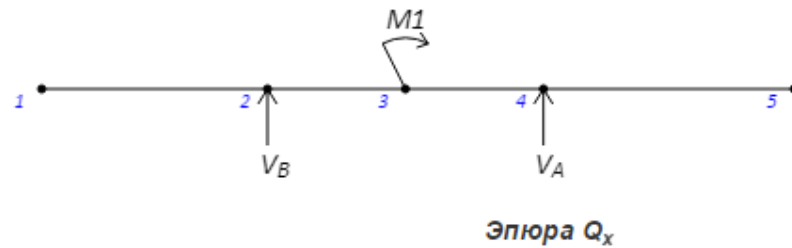
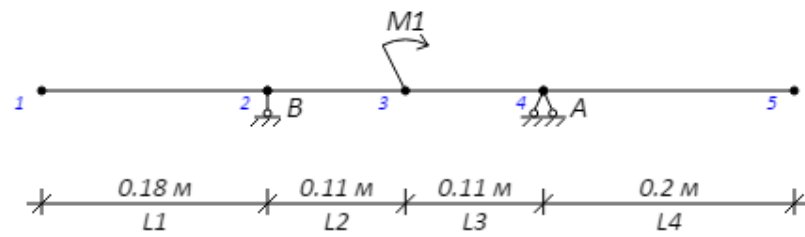


Рисунок 18 – Расчетная схема вала, эпюры сил и моментов

Рассчитаем нормальные напряжения[6]:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{720}{0,123} = 5,9 \text{ МПа.} \quad (21)$$

где  $\sigma$  – нормальные напряжения в рассматриваемом сечении;

$M_{max}$  – максимальный момент;

$W$  – момент сопротивления сечения вала-шестерни, рассчитываемый по следующей формуле:

$$W = \frac{2J}{d_a} = \frac{2 \cdot 0,01}{0,162} = 0,123 \text{ м}^3, \quad (22)$$

где  $d_a$  – диаметр вершин зубьев;

$J$  – момент инерции, вычисляемый по следующей формуле:

$$J = \frac{\pi \delta d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 1,35 \cdot 0,144^4}{64} = 0,01, \quad (23)$$

$d$  – диаметр делительной окружности.

Допустимое напряжение для стали 40Х  $[\sigma]=790$  МПа.

$\sigma < [\sigma] \Rightarrow$  условие прочности соблюдается.

## 9 ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Реечный толкатель предназначен для транспортирования заготовок, таких как, круг, квадрат с габаритными размерами 100 мм и длиной 0,5 – 1,5 м по методической нагревательной печи. Длина рабочего пространства печи – 1,5 м, ширина – 1,7 м. Скорость перемещения заготовок в печи – 0,05 м/с.

Асинхронный электродвигатель передает вращение в червячный редуктор, где с помощью червячного колеса момент, передаваемый на него цилиндрическим червяком, увеличивается, а угловая скорость уменьшается. К червячному колесу редуктора через шпонку присоединяется вал-шестерня, которая в сопряжении с зубчатой рейкой образует реечную передачу, преобразующую вращательное движение шестерни в поступательное движение рейки.

Зубчатая рейка, с помощью потайных винтов присоединяется к толкающей штанге, состоящей из двух симметрично расположенных швеллеров, сваренных между собой. К выходному концу штанги приварен фланец, к которому, также, потайными винтами крепится толкающая плита.

Штанга перемещается по нижнему опорному катку, а в вертикальном направлении зафиксирована парой опорных роликов. С обратной стороны толкающей штанги к раме, с помощью болтов присоединен сварной каркас из уголков, закрытый листами, длина которого чуть больше рабочего хода толкателя, равного 550 мм, для обратного движения штанги.

Вся конструкция толкателя установлена в сварную раму. Редуктор, также, закреплен на сварной конструкции.

Для равномерного распределения толкающего усилия по заготовке, равного 2 т, толкатель сделан сдвоенным. К одному концу вала подсоединяют привод, а другой конец, при помощи упругой втулочно-пальцевой муфты соединяют с валом второго толкателя, зеркального исполнения. Толкающая плита крепится к фланцам обоих толкателей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ существующих схем размещения оборудования на участках нагревательных печей, обзор известных конструкций печных толкателей, была выбрана кинематическая схема и основные параметры толкателя и рассчитаны усилия толкания, момента и мощности привода. По рассчитанным параметрам был подобран редуктор и электродвигатель. По исходным данным и рассчитанным параметрам был разработан реечный толкатель методической нагревательной печи.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Иванова, Н.И. Механизмы печей прокатного производства / Н.И. Иванова, А.А. Перимов, В.М. Тымчак. – М.: Машиностроение, 1972. – 224 с.
- 2 А.с. 1139954 СССР, МПК F27D 3/04. Печной толкатель / А.Г. Гроховский, И.И. Бесценный, Б.А. Павленко, И.А. Бухбиндер. – №3609493/22-02; заявл. 27.06.83, опубл. 15.02.85, Бюл. № 6.
- 3 А.с. 679782 СССР, МПК F27D 3/04. Толкатель для перемещения заготовок в нагревательной печи / А.М. Литвак, Б.П. Бурдов. - №2486358/22-02; заявл. 16.05.77, опубл. 15.08.79, Бюл. № 30.
- 4 [http://www.evroprivod.ru/catalogue/nmrv\\_drv/descriptions/#content](http://www.evroprivod.ru/catalogue/nmrv_drv/descriptions/#content).
- 5 Паршин В.С. Толкатели заготовок для металлургических печей / В.С. Паршин, В.А. Спиридонов, В.Л. Мухоморов // <http://window.edu.ru/resource/725/28725/files/ustu332.pdf>. – С. 8-10.
- 6 Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для техн. спец. вузов – П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М.: Высш.шк., 2001. – 447 с.