

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Машины и технология
литейного производства»

В. М. Карпенко, Е. Ф. Филипенко

**КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для студентов специальности 1-36 12 01
«Машины и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2010

УДК 621.74.06:378.046.2(075.8)
ББК 34.61я73
К26

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 23.06.2009 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Сельскохозяйственные машины»
ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук, доц. *В. Б. Попов*

Карпенко, В. М.
К26 Конструкторская часть дипломного проектирования : метод. указания для студентов специальности 1-36 12 01 «Машины и технология литейного производства» днев. и заоч. форм обучения / В. М. Карпенко, Е. В. Филипенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 57 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Содержат рекомендации по выполнению конструкторской части дипломного проектирования с примером расчета установки подогрева шихты и модернизации смесителя автоматической линии FDC (Германия).

Для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства». Данное пособие может быть использовано студентами в курсовом и дипломном проектировании при разработке конструкторской и специальной частей.

УДК 621.745.3(075.8)
ББК 34.61-5я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2010

ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование является завершающим этапом обучения в университете и имеет целью:

- систематизацию, закрепление и расширение теоретических знаний студентов;
- углубленное и самостоятельное изучение одной из отраслей технологии в соответствии с темой проекта;
- овладение навыками самостоятельного решения инженерных задач и задач по организации производства;
- развития у студентов навыков самостоятельной работы с отечественной и зарубежной технической литературы, в том числе и патентной; развитие расчетно-графических навыков студента.

Дипломный проект должен отразить глубину теоретической, практической и профессиональной подготовки инженера, которая предполагает умения:

- отобрать из нескольких вариантов технических решений наиболее выгодный для народного хозяйства;
- обосновать расчетом с требуемой степенью точности и с применением современных математических методов свои проектные предложения;
- четко и наглядно изобразить свои предложения графически;
- убедительно, полно и вместе с тем лаконично изложить свои расчеты и обоснование в пояснительной записке;
- дать в устном докладе систематическое, исчерпывающее и краткое изложение содержания проекта;
- защитить положения своего проекта в ответах на вопросы и выступления специалистов, рассматривающих и оценивающих проект.

1. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Элементы инициативы и технического творчества дипломника наиболее ярко могут проявиться в специальной части, в которой может быть предложено проведение исследований по совершенствованию технологии, анализа причин брака отливок с разработкой реко-

мендаций по их устранению, усовершенствования или модернизации литейных машин и технологической оснастки, механизации или автоматизации процесса или работы на одном из участков цеха, детальной разработки какого-либо агрегата или узла и т.д.

Наиболее распространенным вариантом специальной части дипломного проекта является конструкторская часть, которая является логическим продолжением курсовой работы по курсу «Оборудование литейных цехов» и включает усовершенствование или модернизацию литейных машин (агрегатов или узлов); проектирование технологической оснастки, механизацию или автоматизацию процесса или работы на одном из участков цеха.

Конструкторская часть характеризуется глубиной разработки, детализацией, наличием оригинальных решений, рационализацией процесса, конкретными выводами, вытекающими из проведенных исследований.

Предварительно, перед началом работы над конструкторской частью дипломник знакомится с литературой, описывающей существующие решения по данному вопросу с соответствующими данными заводов и научно-исследовательских институтов. На основании этих материалов составляется литературный обзор, выводы из которого являются основанием для проведения исследовательской работы или модернизации оборудования.

Объем этой части в пояснительной записке составляет 15 – 30 листов текста, а объем графической части 2 – 3 листа формата А1.

В случае задания на модернизацию или проектирование какого-либо литейного оборудования работа над конструкторской частью проекта складывается из описания существующего оборудования, слабых его узлов, обоснования выбора проектного варианта, расчета рабочего процесса машины и основных его параметров, технико-экономической характеристики спроектированного или модернизированного объекта.

Расчетно-пояснительная записка в этом случае включает:

- вступление, в котором дается обзор конструкций по теме проекта, а также перспективы развития конструкций проектируемого или модернизируемого оборудования;
- описание изменений конструкции и рабочего процесса машины с указанием ее назначения, при этом описание изменений конструкции должно вестись в сопоставлении с базовой;

- расчет рабочего и технологического процесса, выполняемого новой машиной и сравнение его с базовым, расчет основных размеров машины;
- описание правил эксплуатации, обслуживания и техники безопасности при работе на новой машине.

Содержанием графической части проекта являются чертежи общего вида установки или машины, чертежи базового и нового вариантов модернизированных или замененных узлов, циклограммы процессов, кинематические схемы и т.д.

2. ПРИМЕР КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА «РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ПОДОГРЕВА ШИХТЫ»

Введение. В настоящее время в связи с расширением использования электроплавки возрастает актуальность разработки ресурсосберегающих технологий и металлургического оборудования. Очевидные технологические и производственные достоинства электроплавильных печей сочетаются с высокими затратами наиболее дорогостоящего энергоносителя – электроэнергии. При энтальпии жидкого чугуна и стали, примерно, 1300 и 1500 МДж/т соответственно затраты при плавке составляют от 2 до 2,7 тыс. МДж/т или 550-650 кВт·ч/т, т.е. термический к.п.д. печи не превышает 45-55%.

На нагрев и расплавление металлозавалки в плавильной печи расходуется, примерно, 70-75 % энергии, перегрев и доводку жидкого металла ~ 25-30 %. «Теряемая» тепловая энергия в действительности не теряется, а расходуется на «производство» загрязнений окружающей среды: образование пыли, вредных веществ, высокотемпературных газов и отходов.

Наиболее экономичным является предварительный подогрев шихты. При нагреве шихты происходит удаление влаги, выжигание масел, СОЖ и др. загрязнений, частичное удаление пыли за счет продувки слоя. Более чистая шихта, сокращение времени пребывания в печи способствует повышению качества жидкого металла за счет уменьшения количества неметаллических включений и газонасыщенности. Устраняются выбросы металла из печи при загрузке холодной шихты (особенно в зимнее время) на «болото».

Предварительный подогрев шихты позволяет существенно повысить экономичность электроплавки чугуна и стали, производительность печей и улучшить экологические характеристики плавки.

Целью конструкторской части дипломного проекта является разработка установки подогрева шихты, позволяющая производить высокотемпературный нагрев шихты.

Анализ и выбор конструктивно-технологической схемы. Установки подогрева шихты предназначены для подогрева шихты перед завалкой в электроплавильные агрегаты. Главные преимущества газового подогрева шихты для электропечной плавки:

- снижение на 25-30 % удельных затрат на электроэнергию при плавке в печи за счет более низкой стоимости природного газа и соответственно снижение себестоимости отливок;
- сокращение времени плавки и соответствующее повышение производительности печи;
- сокращение расхода электродов (для дуговой плавки), легирующих и модифицирующих добавок;
- сокращение угара металла и повышение его качества;
- снижение количества вредных выбросов пыли и газа за счет использования эффективной системы очистки от локального источника.

Установки данного типа в основном все аналогичны. Главный параметр, характеризующий данные установки, температура, до которой подогревается шихта. В зависимости от этого параметра изменяется и конструкция данных агрегатов.

В установке подогрева шихты, разработанной Институтом газа АН УССР (рис. 2.1), осуществляется нагрев шихты до 300⁰С. Нагрев производится в грейферной бадье (рис. 2.2) газовой горелкой. При нагреве корпус нагревается до такой же температуры, что и шихта. Производить нагрев выше указанной температуры невозможно, что обусловлено перегревом корпуса загрузочной бадьи. Это требование обусловлено необходимостью обеспечения надёжности несущей способности подвесных элементов при транспортировании бадьи с нагретой шихтой от установки подогрева до места выгрузки шихты в печь.

Установка имеет высокую производительность, но при сравнительно невысокой температуре нагрева шихты у неё значительные размеры (5320x6531x4250).

В разработанной установке (рис. 2.3) средняя температура подогрева шихты составляет 550-650⁰С. Нагрев производится в двухкорпусной бадье (внутри бадьи вставлена сменная обечайка с зазором) (рис. 2.4). По кольцевому зазору продувается холодный воздух.

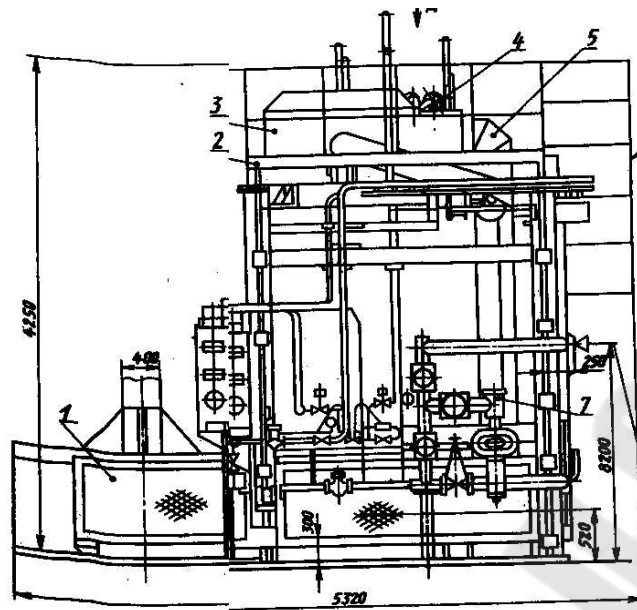


Рис. 2.1. Установка подогрева шихты, разработанная Институтом газа АН УССР: 1 – кожух отбора продуктов горения; 2 – площадка обслуживания; 3 – камера сжигания газа; 4 – газовая горелка; 5 – трубопровод подачи воздуха

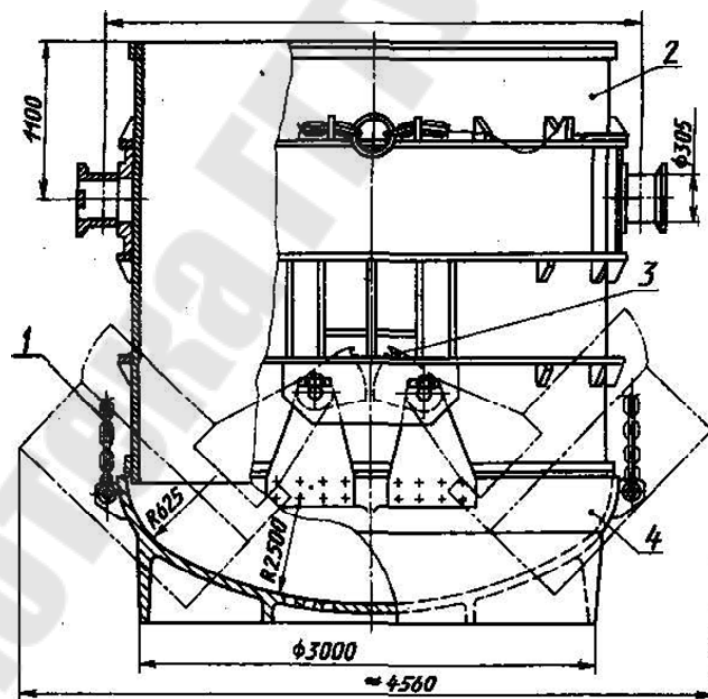


Рис. 2.2. Грейферная бадья установки подогрева шихты, разработанной Институтом газа АН УССР: 1 – цепь, 2 – корпус, 3 – зубчатый сегмент, 4 – сектор



Рис. 2.3. Разработанная установка подогрева шихты.

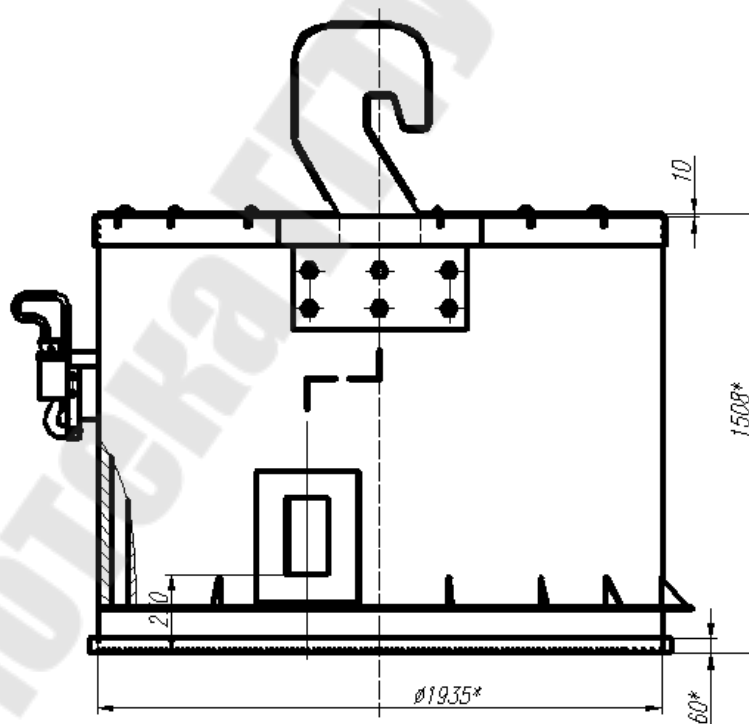


Рис. 2.4. Двухкорпусная бадья, разработанной установки подогрева шихты.

При этом температура нагрева корпуса бадьи не превышает 250°C . Данная установка позволяет производить высокотемпературный нагрев, имеет сравнительно небольшие размеры (3210x7130x5190) и вес (12 тонн). Высокопроизводительна.

Ещё одна подобная установка разработана КУЗЛИТМАШ (г. Пинск, РБ) - установка термopодготовки шихты и дожигания выбросов модель 10278 (рис. 2.5). Предназначена для термopодготовки шихты и дожигания выбросов в литейных цехах перед плавкой в индукционных печах типа ИЧТ-10 и ИЧТ-6-10278.



Рис. 2.5. Установка термopодготовки шихты и дожигания выбросов модель 10278 (КУЗЛИТМАШ, РБ)

Термopодготовка включает в себя сушку шихты для удаления влаги и масел, подогрев до температуры $500-600^{\circ}\text{C}$, дожигание образовавшихся паров и других газов с целью исключения загрязнения ими окружающей среды, а так же для использования тепла от их дожигания на нагрев шихты.

Установка позволяет осуществлять высокотемпературный нагрев, но имеет малую ёмкость загрузочной корзины и следовательно невысокую производительность, большие габариты (3450x3000x4100) и большой вес (21,3 тонны).

Сравнение основных характеристик установок представлено в таблице 2.1. Произведя сравнение основных параметров рассматриваемых установок, можно сказать, что разработанная установка подогрева шихты позволяет производить высокотемпературный нагрев, имеет высокую производительность и компактные размеры, что в свою очередь позволяет сэкономить производственные площади.

Таблица 2.1

Основные характеристики установок термоподготовки шихты

№	Показатель	Установка подогрева шихты УПО-14к (Институт газа АН УССР)	Разработанная установка подогрева шихты	Установка подогрева шихты (КУЗЛИТ-МАШ, РБ)
1.	Производительность, т/ч	20	18-24	6
2.	Температура подогрева шихты (средняя), °С	300	550-650	500-600
3.	Время подогрева шихты, мин	15	15-20	15
4.	Топливо	природный газ	природный газ	природный газ
5.	Расход газа при нормальных условиях, м ³ /ч	90	250-270	100
6.	Ёмкость загрузочной корзины, т	5	6	1,5
7.	Количество отходящих дымовых газов, м ³ /ч	3000	6000	2000

Разработанная установка подогрева шихты представляет собой термический агрегат и состоит из следующих основных узлов:

- корпус, на который устанавливается корзина с шихтой;
- траверса поворотная;
- свод;
- вентилятор для обдува верхней части корзины;
- три горелки инжекционные с номинальным расходом 90 м³/ч природного газа;
- электрозапальник с расходом газа (1 – 2 м³/ч);
- переносной запальник;
- система КИП, включающая: щит управления и контроля, приборы и датчики, установленные по месту.

Угол поворота траверсы составляет 45°. На своде установлены три горелки. Для снабжения газом установки используется существующая газовая магистраль.

Для повышения эксплуатационной надежности установка подогрева шихты оснащена вспомогательными устройствами. К их числу относятся: установка охлаждения цепей загрузочной корзины (бадьи), в которой производится нагрев шихты, система КИП, система очистки и отсоса газов.

Техническая характеристика, описание работы. Технические данные установки подогрева шихты:

- расход природного газа 250...270 м³/ч;
- давление газа 0,4 – 0,6 кгс/см²;
- количество горелок – 3 шт.;
- тип горелки – инжекционная среднего давления;
- производительность – 18 т/ч;
- температура подогрева шихты (средняя) – 550...650°С;
- ёмкость загрузочной корзины – 6 т;
- время подогрева 1 корзины – 15...20 мин.

Надежность работы системы и срок службы во многом зависит от квалифицированного обслуживания, поэтому перед вводом системы в эксплуатацию, а также перед допуском к ее обслуживанию производственного персонала, необходимо ознакомиться с инструкцией к установке подогрева шихты и строго ее соблюдать.

Установка работает следующим образом (рис. 2.6): на корпус установки (поз.4) с помощью мостового крана устанавливается корзина с шихтой (поз.3). Включается система КИПиА. Производится проверка и подготовка к работе газового оборудования (поз.1). Корзина с шихтой накрывается сводом (поз.2) с установленными в нем газовыми горелками. Включается вентилятор для обдува верхней части корзины. Включается дымосос. После включения дымососа производится розжиг электрозапальника, от электрозапальника разжигаются последовательно газовые горелки. В случае погасания электрозапальника во время розжига или в процессе работы установки, сработает система КИПиА, отключит автоматически весь газ, сработает световая и звуковая сигнализация. В случае остановки дымососа или падения разряжения под корзиной система КИПиА отключит автоматически весь газ, сработает световая и звуковая сигнализация. При открывании свода во время работы установки система КИПиА отключит автоматически весь газ, сработает световая и звуковая сигнализация. Установки подогрева шихты представляют собой термический агрегат, в котором нагрев шихты производится с помощью газовых горелок. Продукты горения природного газа с тем-

пературой 1200-1300°С продуваются сквозь слой шихты высотой 1,5-2,0 м и нагревают шихтовые материалы до 750-800°С в слое, прилегающем к факелу, и до 300-350°С в противоположном (выходном) сечении слоя.

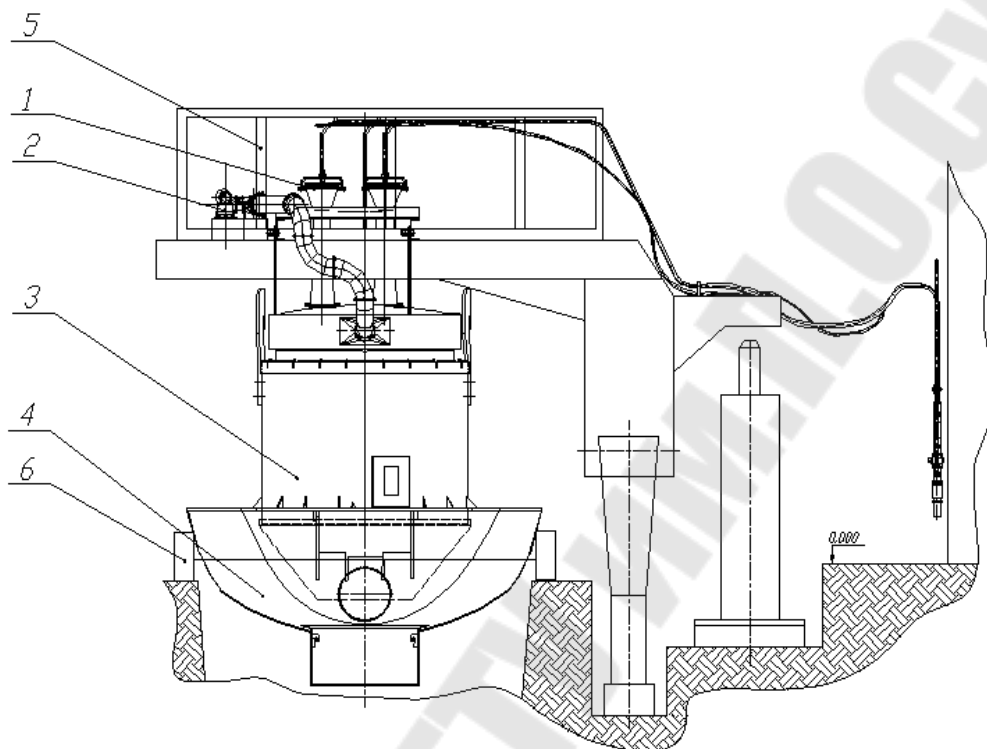


Рис. 2.6. Установка подогрева шихты: 1 – система сжигания газа; 2 – свод; 3 – загрузочная бадья; 4 – стенд; 5 – траверса; 6 – опора печи.

Средняя температура материалов достигает при этом 550-650°С. В систему аспирации удаляется от 5 до 7 тыс. м³ газов в час. Газы перед выбросом в атмосферу подвергаются эффективной очистке и охлаждению. Эффективность пылеулавливания в системе не менее 90%.

Порядок размещения шихты в загрузочной корзине принят следующий: габаритный листовый лом, мелкий скрап и стружка в брикетах (пакетах), если используется в завалке, затем крупные куски плотного лома, затем мелкий скрап. Загрузка шихты в печь производится с помощью корзин, емкость которых равна емкости печи. Иногда для осаждения шихта уплотняется с помощью свода (подъем – опускание), что также занимает 5 – 10 мин. Наверх металлозавалки забрасывается флюс (известняк, доломит) – 1,5-2,0 %.

Анализ разработанного узла. По показателю сокращения удельных затрат электроэнергии наибольший эффект среди всех методов интенсификации процессов плавки обеспечивает предварительный подогрев шихты, который осуществляется в загрузочных ёмкостях. Резерв повышения эффективности такого решения лежит в повышении средней температуры нагрева шихты, т.е. в реализации процессов высокотемпературного подогрева (до 500-700°C). При этом определяющим фактором средней конечной температуры подогрева шихты является максимальная температура прогрева корпуса загрузочной корзины (не более 250°C). Это требование обусловлено необходимостью обеспечения надежности несущей способности подвесных элементов при транспортировании бадьи с нагретой шихтой от установки подогрева до места выгрузки шихты в печь.

Осуществлять высокотемпературный нагрев стало возможным после разработки двухкорпусной бадьи или так называемой «бадьи-термоса». Сущность этой разработки заключается в том, что внутри бадьи устанавливается дополнительная сменная обечайка с зазором 30-50 мм. По кольцевому зазору с помощью вентилятора (сверху – вниз) продувается холодный воздух. Скорость потока охлаждающего воздуха 2 м/с. Для того чтобы в зазор не попадали высокотемпературные продукты горения газа, диаметр свода (крышки) делается меньшим, чем внутренний диаметр вставки, а зазор между сводом и поверхностью шихты (~ 350 мм) перекрывается огнестойкой тканью. Применение вентилятора для продувки кольцевого зазора позволяет не только защитить корпус загрузочной бадьи (корзины), но и охладить днище с запорными устройствами.

Расчёт элементов, узлов и агрегатов установки. Расчёт толщины стенки корпуса бадьи. Корпус бадьи должен обладать необходимой прочностью, так как он непосредственно взаимодействует с шихтой. К тому же в бадье производится и нагрев шихты. Прочность обуславливается в основном толщиной стенки корпуса.

На рис. 2.7 показаны сечение бадьи плоскостью 1-1, перпендикулярной оси x симметрии корпуса бадьи, и элемент стенки с действующими на него напряжениями σ_0 и σ_m . По боковым граням элемента АВ и CD, совпадающим с меридиальными плоскостями, в силу симметрии бадьи и нагрузки касательные напряжения равны нулю; по этим граням действуют лишь нормальные напряжения σ_0 (окружные напряжения).

Из закона парности ([3], с.571) касательных напряжений следует, что касательные напряжения по боковым граням BC и AD также равны нулю; по этим граням действуют лишь нормальные напряжения σ_m (меридиальные напряжения). Радиусы кривизны этого элемента равны $\rho_0 = \frac{D}{2}$ и $\rho_m = \infty$.

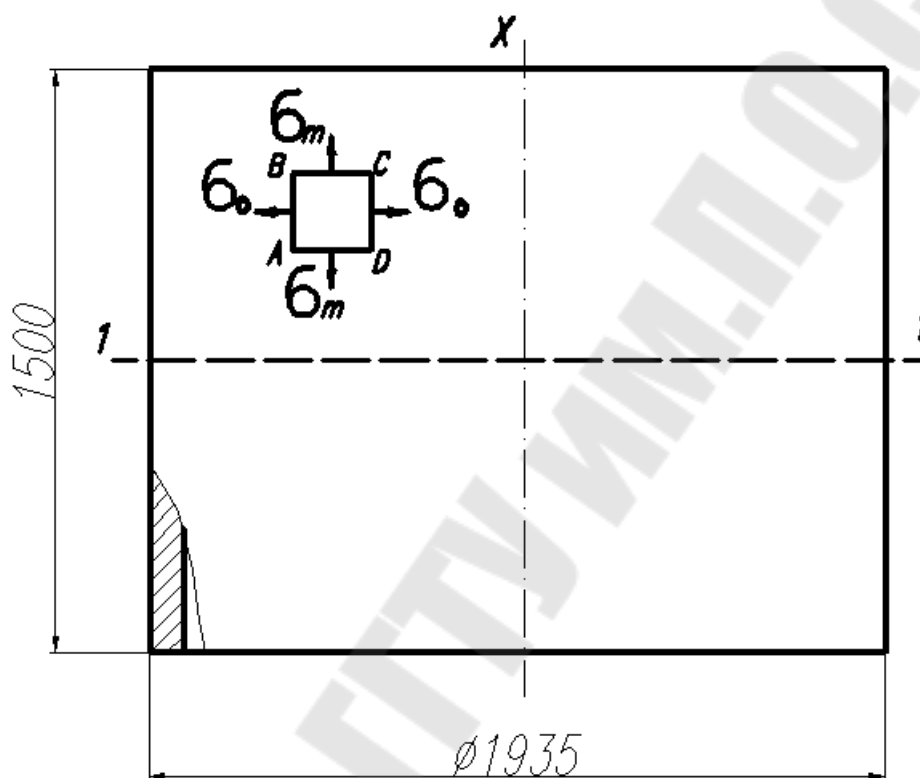


Рис. 2.7. Эскиз корпуса бадьи.

Уравнение Лапласа используется для определения напряжений в стенке тонкостенной оболочки ([3], с.571):

$$\frac{\sigma_0}{\rho_0} + \frac{\sigma_m}{\rho_m} = \frac{\rho}{\delta} \quad (1)$$

где σ_0 – окружные напряжения, Па; σ_m – меридиальные напряжения, Па; δ – толщина элемента оболочки, м.

Подставим значения ρ_0 и ρ_m в формулу (1):

$$\frac{\sigma_0}{\frac{D}{2}} + \frac{\sigma_m}{\infty} = \frac{\rho}{\delta} \quad (2)$$

откуда

$$\sigma_0 = \frac{\rho \cdot D}{2 \cdot \delta} \quad (3)$$

Для определения напряжений σ_m составим условие равновесия части корпуса бадьи, расположенной по одну сторону от сечения 1-1, в виде суммы проекций сил на ось x:

$$\sum x = \frac{\rho \cdot \pi \cdot D^2}{4} - \sigma_m \cdot \delta \cdot \pi \cdot D = 0 \quad (4)$$

где $\frac{\rho \cdot \pi \cdot D^2}{4}$ – равнодействующая давления; $\sigma_m \cdot \delta \cdot \pi \cdot D$ – результат действия одной части корпуса на другую (внутренняя сила, возникающая в сечении 1-1).

Решим уравнение (4) относительно σ_m :

$$\sigma_m = \frac{\rho \cdot D}{4 \cdot \delta} \quad (5)$$

Таким образом, главные напряжения, возникающие в стенке корпуса, имеют следующие значения:

$$\sigma_1 = \sigma_0 = \frac{\rho \cdot D}{2 \cdot \delta}; \quad \sigma_2 = \sigma_m = \frac{\rho \cdot D}{4 \cdot \delta}; \quad \sigma_3 = 0 \quad (6)$$

По третьей теории прочности ([3], с.344):

$$\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma] \quad (7)$$

или

$$\frac{\rho \cdot D}{2 \cdot \delta} \leq [\sigma] \quad (8)$$

откуда

$$\delta > \frac{\rho \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \quad (9)$$

При исходных данных $D = 1935$ мм, $p = 3$ МПа, $[\sigma] = 370$ МПа (для Ст3, [4], с.526), производим расчёт по формуле (9):

$$\delta \geq \frac{3 \cdot 1,935}{2 \cdot 370} = 0,0078 \text{ (м)} = 7,8 \text{ (мм)}$$

Полученный результат удовлетворяет ранее принятой толщине стенки корпуса бадьи, равной 10 мм. При такой толщине стенки выполняются прочностные требования к корпусу бадьи.

4.2 Расчёт допустимого значения силы, действующей на крюк.

Крюк является элементом замка для открывания загрузочной корзины, который удерживает цепи, являющиеся днищем бадьи.

Опасным является поперечное сечение 1-1 (рис. 2.8), в котором возникают наибольшие изгибающий момент и продольная сила ($N = P$).

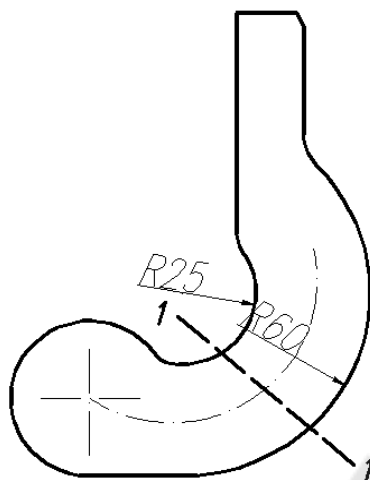


Рис. 2.8. Эскиз крюка КП ОЛЦ 04.00.00.07

Определяем радиус кривизны нейтрального слоя (при $N = 0$) ([3], с.421):

$$r_0 = \frac{h}{\ln \frac{r_n}{r_b}} \quad (10)$$

где h – высота поперечного сечения, $h = 33 \text{ мм}$; r_n , r_b – наружный и внутренний радиусы волокон крюка соответственно, $r_n = 60 \text{ мм}$, $r_b = 25 \text{ мм}$.

$$r_0 = \frac{0,033}{\ln \frac{0,06}{0,025}} = 0,038 \text{ (м)}$$

Расстояние от центра тяжести сечения до нейтральной оси:

$$c = r - r_0 \quad (11)$$

где r – радиус кривизны оси крюка, $r = 42,5 \text{ мм}$.

$$c = 0,042 - 0,038 = 0,004 \text{ (м)}$$

Находим нормальные напряжения в сечении 1-1 крюка: σ_n – у наружного края сечения, σ_b – у внутреннего края и σ_0 – на расстоянии r_0 от центра кривизны:

$$\sigma_n = \frac{P}{b \cdot h} - \frac{2 \cdot P \cdot r}{b \cdot h \cdot c} \cdot \frac{r_n - r_0}{r_n} \quad (12)$$

где b – ширина поперечного сечения, $b = 20$ мм;

$$\sigma_{\text{н}} = P \cdot \left(\frac{1}{0,02 \cdot 0,036} - \frac{2 \cdot 0,042}{0,02 \cdot 0,036 \cdot 0,004} \cdot \frac{0,06 - 0,038}{0,06} \right) = -86948 \cdot P \text{ (Па)}$$

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{P}{b \cdot h} - \frac{2 \cdot P \cdot r}{b \cdot h \cdot c} \cdot \frac{r_{\text{г}} - r_0}{r_{\text{г}}} \quad (13)$$

$$\sigma_{\text{в}} = P \cdot \left(\frac{1}{0,02 \cdot 0,036} - \frac{2 \cdot 0,042}{0,02 \cdot 0,036 \cdot 0,004} \cdot \frac{0,025 - 0,038}{0,025} \right) = 1517144 \cdot P \text{ (Па)}$$

$$\sigma_0 = \frac{P}{b \cdot h} = \frac{P}{0,02 \cdot 0,036} = 1388,89 \cdot P \text{ (Па)}, \quad (14)$$

где сила P выражена в ньютонах. Знаки минус перед членами, учитывающими влияние момента, поставлены потому, что этот момент вызывает у наружного края сечения отрицательные (т.е. сжимающие) нормальные напряжения.

При силе P , равной допускаемому значению $[P]$, наибольшее напряжение равно допускаемому, т.е.

$$\sigma_{\text{г}} = 15171,44 \cdot [P] = [\sigma] = 500 \text{ МПа}, \quad (15)$$

значение $[\sigma]$ для стали марки 13X18M10T ([4], с.526).

Тогда,

$$[P] = \frac{500 \cdot 10^6}{15171,44} = 32956,66 \text{ Н} = 32,96 \text{ кН}$$

Полученной значение допускаемой силы удовлетворяет прочностным условиям, поскольку максимальная нагрузка, при которой работает крюк, не превышает 25 кН.

Расчёт коэффициента запаса прочности для штанги. Штанга (рис. 2.9) является элементом замка для открывания загрузочной корзины (бадьи) и удерживает крюк, за который крепятся цепи корзины.

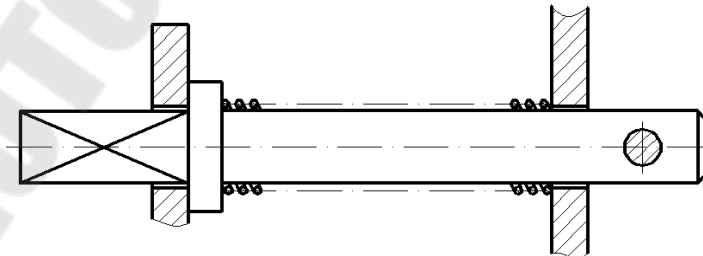


Рис. 2.9. Эскиз штанги

Для прямоугольного поперечного сечения определяем пластический момент сопротивления ([5], с.461) :

$$W_{nl} = \frac{b \cdot h^2}{4}, \quad (16)$$

где b и h – ширина и высота поперечного сечения штанги соответственно, $b = h = 20$ мм.

$$W_{nl} = \frac{0,2^3}{4} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)},$$

Материал штанги - сталь 35, для которой предел текучести $\sigma_m = 650 \text{ МПа}$, нормативный коэффициент запаса прочности $[n] = 1,2$ ([4], с.528)

Коэффициент запаса прочности определяем из условия прочности ([5], с.460):

$$n = \frac{\sigma_m \cdot W_{nl}}{M_{\max}} \geq [n], \quad (17)$$

где M_{\max} – максимальный изгибающий момент, действующий на штангу. Если представить штангу в виде балки и рассчитать для неё максимальный изгибающий момент при исходных данных $P = q \cdot a = 25 \text{ кН}$, $a = 0,025 \text{ м}$, $b = 0,08 \text{ м}$, $c = 0,06 \text{ м}$, то $M_{\max} = 937,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (см. рис. 2.10).

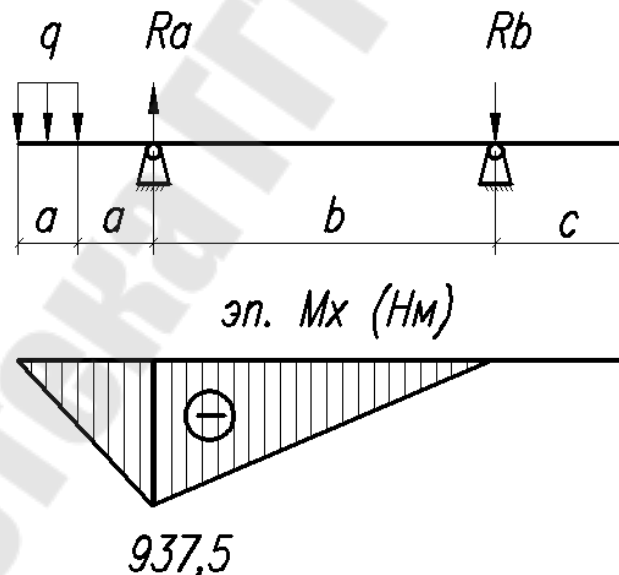


Рис. 2.10. Эпюра изгибающих моментов для штанги

$$M_{\max} = -q \cdot a \cdot \left(a + \frac{a}{2}\right) = -10^{-3} \cdot 0,025 \cdot \left(0,025 + \frac{0,025}{2}\right) = -0,9375 \text{ (кН} \cdot \text{м)} = -937,5 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Тогда коэффициент запаса прочности:

$$n = \frac{650 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{937,5} = 1,39$$

Условие прочности выполняется, т.к. $n \geq [n]$, т.е. имеется коэффициент запаса до наступления предельного напряжения для данного материала.

Правила эксплуатации установки, описание работы схемы управления установкой. Порядок запуска установки:

1. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.
2. На пульте управления нажать кнопку SB10 (СЪЕМ СИГНАЛА) для отключения звуковой сигнализации.
3. Открыть крышку установки.
4. С помощью мостового крана установить корзину с шихтой на корпус установки.
5. Закрыть крышку установки. Убедиться, что свод опустился на корзину с шихтой.
6. Включить обдувочный вентилятор.

Порядок розжига горелок:

1. Розжиг горелок производится одновременно двумя рабочими.
2. Открыть кран, подающий газ к системе.
3. Прибором ТС410 производится контроль герметичности газовых задвижек, после проверки герметичности замыкаются управляющие контакты ТС410 – установка готова к розжигу. Если контроль герметичности не прошел – звучит сирена, дальнейший розжиг не возможен до устранения неисправности.
4. Ручной вентиль должен быть закрыт.
5. По показаниям манометра 20 убедиться в наличии газа в сети.
6. Открыть ручной вентиль.
7. Нажатием кнопки SB4 (ЗАПАЛЬНИК) на пульте управления произвести розжиг запальника. При этом открывается электромагнитный клапан, на пульте загорается лампочка (КЛАПАН ЗАПАЛЬНИКА ВКЛ.). Включается устройство электророзжига КВИ-10/30. Постепенно открывая ручной вентиль произвести розжиг электрозапальника.
8. Если розжига электрозапальника не произошло, система КИ-ПиА заблокирует электромагнитный клапан. На пульте загорается сигнальная лампа (НЕТ ФАКЕЛА). Закрыть вентили. Для повторного розжига повторить действия п.п. 8.8.2–8.8.7.

9. Разжечь газовую горелку №1, для этого на пульте управления нажать кнопку SB5 (ГОРЕЛКА №1). При этом открывается электромагнитный клапан горелки. На пульте загорается лампа (КЛАПАН ГОРЕЛКИ №1 ВКЛ.). Постепенно, открывая ручной кран, разжигаем горелку. На приборе Ф24 (КОНТРОЛЬ ФАКЕЛА) загорается соответствующая сигнальная лампа. Медленно приоткрыть воздушную шайбу, подать в горелку дополнительный воздух. Увеличивая поочередно подачу газа и воздуха, отрегулировать работу горелки по цвету пламени на полное сгорание газа и устойчивый спокойный факел.

10. Разжечь газовую горелку №2, для этого на пульте управления нажать кнопку SB6 (ГОРЕЛКА №2). При этом открывается электромагнитный клапан горелки. На пульте загорается лампа (КЛАПАН ГОРЕЛКИ №2 ВКЛ.). Постепенно открывая ручной кран разжигаем горелку. На приборе Ф24 (КОНТРОЛЬ ФАКЕЛА) загорается соответствующая сигнальная лампа. Медленно приоткрыть воздушную шайбу, подать в горелку дополнительный воздух. Увеличивая поочередно подачу газа и воздуха, отрегулировать работу горелки по цвету пламени на полное сгорание газа и устойчивый спокойный факел.

11. Разжечь газовую горелку №3, для этого на пульте управления нажать кнопку SB7 (ГОРЕЛКА №3). При этом открывается электромагнитный клапан горелки. На пульте загорается лампа (КЛАПАН ГОРЕЛКИ №3 ВКЛ.). Постепенно открывая ручной кран разжигаем горелку. На приборе Ф24 (КОНТРОЛЬ ФАКЕЛА) загорается соответствующая сигнальная лампа. Медленно приоткрыть воздушную шайбу, подать в горелку дополнительный воздух. Увеличивая поочередно подачу газа и воздуха, отрегулировать работу горелки по цвету пламени на полное сгорание газа и устойчивый спокойный факел.

12. По показаниям приборов убедиться в нормальной работе установки:

- температура газов под сводом 900...1200°C;
- давление газа в магистрали 4...6 кПа (0,4...0,6 атм);
- отсутствие выбивания пламени из под свода и корзины.

Включение установки производит вводной автомат QF1, автомат управления QF2, автомат QF3. На панели управления горят индикаторные лампы HLR1 (НАПРЯЖЕНИЕ ПОДАНО), HLR3 (КРЫШКА ЗАКРЫТА), HLR4 (НЕТ ФАКЕЛА), HLR6 (ДАВЛЕНИЕ ГАЗА

НИЗКО), работает сирена. Нажатием кнопки SB10 (СЪЕМ СИГНАЛА), включается контактор КМ9, отключается сирена.

Нажимаем кнопку SB9 (ДЫМОСОС ВКЛЮЧИТЬ), включается контактор КМ3 дымососа, при этом на табло загорается лампа HLR7 (ДЫМОСОС ВКЛЮЧЕН). Поток воздуха в дымоходе включается датчик S1 (контроль тяги). Замкнувшимся контактом КМ3 подготавливается цепь включения газового тракта.

Нажимаем кнопку SB4 (ЗАПАЛЬНИК). При нормальном давлении газа в магистрали замкнут контакт датчика давления газа SQ3 (контроль давления газа), гаснет лампочка HLR6 (ДАВЛЕНИЕ ГАЗА НИЗКО), включается КМ4, включается реле времени Р1, включается устройство электророзжига КВИ-10/30. Включается КМ5, загорается сигнальная лампа HLR5 (КЛАПАН ЗАПАЛЬНИКА ВКЛ.). Срабатывает газовый клапан СВМГ запальника. Открытием крана газового тракта запальника подаем газ к электрозапальнику. Происходит розжиг факела запальника. На контрольном приборе Д1 (КОНТРОЛЬ ФАКЕЛА) загорается соответствующая сигнальная лампа контроля наличия факела и блокируются контакты магнитного пускателя КМ4. Гаснет сигнальная лампа HLR4 (НЕТ ФАКЕЛА).

В том случае, если в течение контрольного времени (~ 7 секунд) розжиг запальника не произошел, сработает реле времени Р1, отключается КМ5 и газовый клапан СВМГ запальника отключит подачу газа на запальник, при этом включается сирена и загорается лампочка HLR4 (НЕТ ФАКЕЛА).

При горящем запальнике нажимаем кнопку SB5 (ГОРЕЛКА №1), включается контактор КМ6, срабатывает клапан СВМГ горелки №1, загорается сигнальная лампа HLR8 (КЛАПАН ГОРЕЛКИ №.1 ВКЛ.). Открываем соответствующую газовую задвижку горелки №1. Происходит розжиг. Контроль наличия пламени - по прибору Ф24, контроль давления газа на горелке №1 - по манометру.

Нажимаем кнопку SB6 (Горелка № 2), включается контактор КМ7, срабатывает газовый клапан СВМГ горелки №2, загорается сигнальная лампа HLR9 (КЛАПАН ГОРЕЛКИ №.2 ВКЛ.). Открываем соответствующую газовую задвижку горелки №2. Происходит розжиг. Контроль давления газа на горелке №2 - по манометру.

Нажимаем кнопку SB7 (Горелка № 3), включается контактор КМ8, срабатывает газовый клапан СВМГ горелки №3, загорается сигнальная лампа HLR10 (КЛАПАН ГОРЕЛКИ №.3 ВКЛ.). Открываем

соответствующую газовую задвижку горелки №3. Происходит розжиг. Контроль давления газа на горелке №3 - по манометру.

При превышении температуры дымовых газов под бадьей срабатывает датчик Д2 (ТЕМПЕРАТУРА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПОД БАДЬЕЙ) и отключатся газовые клапаны СВМГ газовой горелки №2 и №3.

Контроль температуры под сводом производится прибором ДЗ (ТЕМПЕРАТУРА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПОД СВОДОМ).

В случае понижения давления газа в системе или прекращении подачи газа, сработает датчик давления газа S1 и отключится газовый клапан ПКН. Сработает световая и звуковая сигнализация.

При пониженном разряжении или аварийном отключении работающего дымососа отключится газовый клапан ПКН, прекратится подача газа на запальник и горелки, сработает световая и звуковая сигнализация.

Перед открыванием крышки бадьи закрыть все газовые задвижки. При этом отключаются газовые клапана СВМГ и газовый клапан ПКН, загорается сигнальная лампа HLR4 (НЕТ ФАКЕЛА), работает сирена. Нажатием кнопки SB10 (СЪЕМ СИГНАЛА), сирену отключить.

Затем, нажимаем кнопку SB2 (КРЫШКУ ОТКРЫТЬ). При этом контактором КМ1 включается электродвигатель М2 открывается крышка бадьи до срабатывания конечного выключателя SQ1, загорается сигнальная лампа HLR2 (КРЫШКА ОТКРЫТА).

Для закрытия крышки бадьи нажимаем кнопку SB3 (КРЫШКУ ЗАКРЫТЬ), при этом контактором КМ2 включается электродвигатель М2, закрывается крышка бадьи до срабатывания конечного выключателя SQ2, загорается сигнальная лампа HLR3 (КРЫШКА ЗАКРЫТА). Звонит звонок, горит сигнальная лампа HLR4 (НЕТ ФАКЕЛА). Подготавливается цепь подачи газа.

Для аварийного отключения электродвигателя М2 (открытие/закрытие крышки бадьи) – нажать кнопку SB1 (АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ КРЫШКИ). При этом концевым выключателем SQ2 отключатся газовые клапана СВМГ, прекратится доступ газа к горелкам, сработает световая и звуковая сигнализация, дымосос остается включенным.

При возникновении аварийной ситуации во время работы установки – нажать кнопку SB11 (АВАРИЙНЫЙ СТОП). При этом отключатся все газовые клапана СВМГ и газовый клапан ПКН, прекратится

доступ газа к горелкам, остановится дымосос, сработает световая и звуковая сигнализация.

Мероприятия по повышению эффективности работы установки, обеспечению безопасности работы и охране окружающей среды. Мероприятия по повышению эффективности работы установки заключаются в следующем:

1.автоматизация процесса нагрева шихты (контроль тепловой мощности горелок, контроль температуры нагрева корпуса бадьи, контроль температуры отходящих газов от установки и т.д.);

2.обеспечение рациональной загрузки шихты для предварительного нагрева в корзину;

3.обеспечение соблюдение правил техники безопасности.

Система КИПиА имеет следующие средства контроля: термопара ТПП в паре с милливольтметром Ш4541; термопара ТХА в паре с потенциометром КСП-3; Ф-24 для контроля наличия пламени на электрозапальнике; контроль разряжения под корзиной с шихтой; манометр технический со шкалой до 0,6 кгс/см².

Система имеет следующую аварийную сигнализацию: световую – об исправности и включении системы КИПиА; световую – о положении свода (КРЫШКА ОТКРЫТА, КРЫШКА ЗАКРЫТА); световую – о давлении газа в сети; световую – о контроле пламени на электрозапальнике; световую – об аварийном отключении подачи газа; звуковую – об аварийном отключении подачи газа; звуковую – об отсутствии пламени на электрозапальнике.

Установка оснащена автоматикой безопасности, которая работает:

✓ в случае превышения температуры дымовых газов под бадьей 500°С потенциометр подает сигнал на отключение горелок и, путем закрытия электромагнитных клапанов;

✓ в случае понижения давления газа в системе или прекращении подачи газа, работает датчик давления газа и отключатся газовые клапаны на горелках и запальнике. Включается световая и звуковая сигнализация;

✓ при пониженном разряжении или аварийном отключении работающего дымососа работает датчик контроля тяги, отключатся газовые клапаны на горелках и запальнике, прекратится подача газа на запальник и горелки, работает световая и звуковая сигнализация;

✓ во время работы установки при открывании крышки автоматически отключаются все электромагнитные клапаны. Включается световая и звуковая сигнализация.

Ответственность за исправность и эксплуатацию системы подогрева шихты несёт мастер участка плавки или лицо, назначенное приказом по заводу.

При интенсивном воздействии горячих газов на поверхность шихтовых материалов происходит т.н. «ветровая эрозия» - разрушение и унос слоев пыли, окалины, пригара, покрывающих скрап. При температурных перепадах, особенно при температурах более 500°C, может происходить полное отслоение отложений, т.н. денудация. Эти явления приводят к повышению концентрации взвешенных частиц в отходящих газах до 0,3-0,5 г/м³.

Дисперсный состав пыли характеризуется наличием фракций от 2-5 до 500 мкм, при максимальном содержании фракции 120-250 мкм – 40-45%. Химический состав пыли представляет собой смесь оксидов (Fe₃O₄, Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃, Mn₂O₅, CaO и др.) с преобладанием оксидов железа (65-70%).

Количество отходящих газов зависит от удельного расхода газов и разбавления подсосываемым воздухом, что в свою очередь определяется уровнем разряжения под слоем шихты (на выходе из слоя).

Удельное количество отходящих газов колеблется в широких пределах, зависящих не только от режимов нагрева, но и от качества (чистоты) шихтовых материалов. При расходе природного газа 12-15 м³/т количество образующихся газов (без разбавления) – 130-160 м³/т с температурой ~ 1300°C. При разбавлении температура снижается до 1200°C и расход соответственно увеличивается до 200-250 м³/т шихты. Состав отходящих газов: CO₂ – 15%; H₂O – 19%, N₂ – 65%, остальное CO, SO₂, NO и др. Концентрации CO колеблются в пределах 0,1-1 г/м³ (0,01-0,1%), SO₂ – 20-30 мг/м³, NO – 10-20 мг/м³.

В случае загрязненного скрапа количество выбрасываемой пыли составляет 0,1-0,2 кг на 1 т шихты, при относительно чистой шихте – 0,05-0,1 кг на тонну. Система аспирации должна обеспечить полный отбор образующихся газов, чтобы предотвратить их попадание в атмосферу цеха. Сопротивление столба шихты в загрузочной корзине емкостью 6 т составляет 150-250 Па. Соответственно для поддержания пониженного давления в рабочей зоне установки необходимо обеспечить разряжение, примерно, 500 Па под загрузочной корзиной.

Учитывая, что после дожигания отходящих (аспирируемых) газов температура повышается от 300-350°C до 700-750°C, перед подачей их в аппараты очистки и дымосос газы необходимо охладить. С этой целью на трассе отходящих газов устанавливаются коллекторы орошения. К коллекторам подается техническая вода в количестве необходимом для охлаждения газов до температуры 80-100°C при полном испарении воды. При последующем снижении температуры по тракту очистки происходит конденсация паров и образование капель воды. Отделение капельной влаги происходит в лопастном каплеотделителе, устанавливаемом перед дымососом. Очищенные и охлажденные газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу высотой 25 м. Управление, всеми элементами системы, включая дымосос, осуществляется автоматически или дистанционно с пульта управления установкой подогрева шихты.

Правила ухода за установкой, организация труда и планово-предупредительных ремонтов. Перед эксплуатацией машины необходимо внимательно ознакомиться с руководством и уяснить особенности конструкции всех механизмов. Подготовка системы к пуску включает следующие мероприятия:

1. Произвести осмотр всего оборудования системы подогрева шихты и убедиться в его исправности и отсутствии утечки газа.
2. Проверить положение кранов и электромагнитных вентиляей. Все краны и электромагнитные вентили на газопроводе должны быть закрыты, кроме крана на продувочной свече и манометре.
3. Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.
4. Произвести контрольный запуск обдувочного вентилятора. Убедиться в его запуске и исправности. Отключить обдувочный вентилятор.
5. Произвести контрольный запуск привода крышки установки. Для этого нажатием соответствующей кнопки на пульте управления открытием/закрытием свода открыть крышку установки, нажатием соответствующей кнопки закрыть крышку установки.

Перед производством ремонтных работ необходимо отключить все виды энергии и вывесить плакаты «Не включать! Работают люди!». Вся запорная арматура должна иметь бирки с номерами позиций на схеме, вывешенной на площадке обслуживания системы подогрева шихты.

Периодически осуществлять проверку зануления и заземления электрических аппаратур, соединительных коробок, нагревательных элементов и искрового разрядника в соответствии с правилами эксплуатации установок.

Место установки щитов должно быть снабжено соответствующими защитными и противопожарными средствами. Замена вышедших из строя термопар и электрозапальника только после останова и охлаждения свода – в ремонтный день. Планово-предупредительные ремонты осуществляются в ремонтный день.

К работе с системой подогрева шихты допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальный инструктаж по «Правилам безопасности в газовом хозяйстве», имеющие удостоверение на право обслуживания установок на природном газе и ознакомленные с данной инструкцией.

Выводы по конструкторской части. В результате дипломного проектирования была разработана новая модель установки подогрева шихты, которая позволяет производить высокотемпературный нагрев шихты без перегрева корпуса загрузочной бадьи, что в свою очередь обусловлено необходимостью обеспечения надежности несущей способности подвесных элементов при транспортировании бадьи с нагретой шихтой от установки подогрева до места выгрузки шихты в печь. Подогрев шихты положительно влияет на качество получаемого металла, а также сокращает удельные энергозатраты, позволяет улучшить экологические характеристики плавки. Установка имеет к.п.д. – до 60-65 % и отличается высокой производительностью, компактностью и простотой.

3. ПРИМЕР КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА «МОДЕРНИЗАЦИЯ СМЕСИТЕЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ FDC (ГЕРМАНИЯ)»

Введение. Современные литейные технологии уже сейчас позволяют изготавливать отливки высокого качества весьма сложной конфигурации, практически не требующие дополнительной обработки. Однако затраты на их изготовление остаются еще высокими. Применение наукоемких технологий, в частности, систем компьютерного моделирования физико - химических процессов, происходящих во время формирования отливки, позволяет, с одной стороны, переходить к отливкам все более и более сложной формы, используя все

большую номенклатуру сплавов, с другой стороны, сокращать затраты на отладку технологии, заменяя натурный эксперимент вычислительным.

Развитие и совершенствование техники, повышение качества и технического уровня нового оборудования сопровождается процессом усложнения его конструкции, повышением технических параметров и требований к надежности, находящихся в прямой зависимости от возросшего многообразия функций, выполняемых современными автоматизированными системами. Усложняются и интенсифицируются рабочие процессы машин, повышаются давления рабочей среды, возрастают усилия и мощность привода, скорости и массы перемещаемых объектов, повышаются требования к прочности и жесткости деталей.

В связи с этим роль расчетов, проводимых на стадии проектирования при создании новых машин и механизмов автоматических линий, все более возрастает.

Проектирование без должного расчетного обоснования может привести к так называемым конструкторским ошибкам следующего вида:

- 1.неправильному выбору конструктивных и технологических параметров отдельных деталей, узлов и механизмов;

- 2.недостаточной прочности отдельных деталей, приводящей к их поломкам, аварии, выходу из строя базовых деталей;

3. недостаточной жесткости отдельных деталей и узлов в целом, приводящей к их повышенной деформации, появлению зазоров, заклиниванию, вибрации;

4. несоразмерности величины движущих сил привода и сил сопротивления исполнительных механизмов;

5. геометрическому несоответствию величины звеньев механизмов требованиям кинематической схемы;

6. чрезмерным динамическим нагрузкам, появляющимся вследствие больших ускорений ведомых звеньев;

- 7.повышенному износу, вызванному тем, что давления и контактные напряжения материала в зоне трущихся поверхностей оказываются выше допустимых значений; увеличению времени срабатывания отдельных механизмов по сравнению со временем, регламентированным циклограммой.

Многовариантность машиностроительных конструкций проявляется в том, что отдельные детали и механизмы одного и того же

функционального назначения могут отличаться по своему конструктивному исполнению. Оценить разработанные варианты конструкции можно расчетным путем еще на стадии проектирования, что позволяет найти оптимальное техническое решение, удовлетворяющее разнообразным и, как правило, противоречивым требованиям, без затрат времени и средств на изготовление и испытание подготовленных вариантов конструкций.

Таким образом, дальнейшее развитие и совершенствование теоретических основ и методов расчета, предназначенных для использования при проектировании машин и механизмов автоматических линий литейного производства, является весьма актуальной задачей.

Основным узлом в каждой смесеприготовительной установке является смеситель.

Современные смесители - это высокопроизводительное автоматизированное смесеприготовительное оборудование, которое применяется в основном для приготовления смесей на основе глин, бентонита и бентонитовых суспензий. Они позволяют получать смеси с высокими физико-механическими свойствами и используются для приготовления формовочных и стержневых смесей в литейных цехах массового, серийного и единичного производства.

Анализ и выбор конструктивно-технологической схемы. Механизация и автоматизация приготовления и транспортировки формовочных и стержневых смесей имеет первостепенное экономическое значение. Кроме того, механизация и автоматизация приготовления формовочных материалов и смесей улучшает санитарно-гигиенические условия труда и обеспечивает необходимое высокое качество смесей.

Смесеприготовительные системы включают в себя:

а) оборудование для предварительной обработки отработанной формовочной смеси (дробилки для разминания комьев, магнитные сепараторы для извлечения металла, сита для грубого и тонкого просеивания, оборудование для принудительного охлаждения и обеспыливания смеси);

б) группы бункеров, располагающихся над смесителями (для отработанной смеси, сухого и сырого песка, различных добавок);

в) дозаторы (питатели) сухих и жидких компонентов (весовые или объемные);

г) смесители непрерывного или периодического действия;

д) систему транспортных машин для подачи исходных материалов и раздачи готовой смеси (ленточные конвейеры, элеваторы, пневматический транспорт);

е) аэраторы или дезинтеграторы в системе раздачи смеси. Как правило, все эти машины объединены в автоматизированные блоки, которые между собой также связаны в единую автоматизированную систему.

В современных литейных цехах массового производства, где установлены автоматические формовочные линии, каждая такая линия имеет свою полностью автоматизированную смесеприготовительную установку.

В цехах с поточно-механизированным производством с большим потреблением одинаковых по составу смесей строят единое центральное смесеприготовительное отделение. При организации центральных смесеприготовительных отделений учитывают влияние смешивания отработанных смесей на качество выпускаемых отливок в данном цехе.

В цехах мелкосерийного производства с различной номенклатурой по маркам металла целесообразно иметь местные автоматические или полуавтоматические смесеприготовительные установки.

Центральные смесеприготовительные системы (или группы установок) обычно располагают рядом с формовочным отделением, но изолированно от него. Расположение смесеприготовительных участков ближе к местам потребления сокращает путь готовой смеси при транспортировании ее в насыпном состоянии и уменьшает степень ее высыхания.

Вопросу повышения качества смеси в смесителях, их производительности, экономичности посвящено много работ. Многие фирмы предлагают различные модификации смесителей для решения данного вопроса.

Вихревой смеситель WM фирмы "KUNKEL WAGNER" (с вертикально расположенными двумя вихревыми головками, отклоненными на небольшой угол). Смеситель формовочного материала является центральным узлом каждой установки для подготовки смеси. В первую очередь смеситель выполняет следующие операции в процессе подготовки смеси:

- оптимальная добавка воды и освежающих добавок;
- смешивание и однородность всех компонентов смеси;
- диспергирование бентонита и равномерное покрытие песчаных зерен бентонитом.

Выше сформулированным требованиям в полной мере соответствует смесеприготовительное оборудование фирмы "KUNKEL WAGNER", в частности серия смесителей типа WM производительностью от 15 до 200 т./час.

Вихревые смесители KUNKEL-WAGNER - это прочные, надежные и долговечные агрегаты для подготовки смеси, с автоматическим управлением влажностью, отвечающие самым высоким требованиям к технологии подготовки формовочной смеси. Конструкция смесителя и его принцип работы понятен из рис.1.

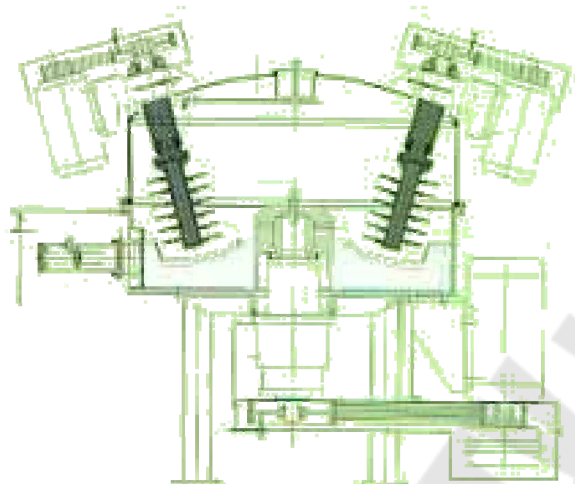


Рис. 3. 1. Схема вихревого смесителя WM

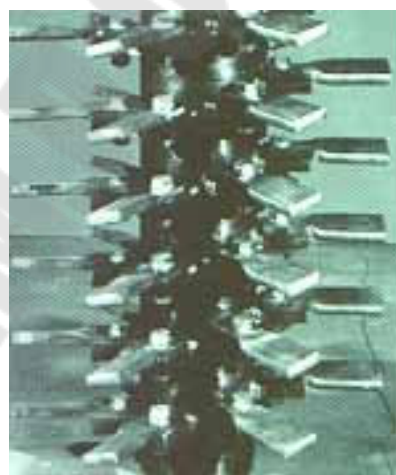


Рис. 3.2. Вихревая головка

В вихревом смесителе KUNKEL-WAGNER непосредственно после загрузки горелой земли начинается высокоэффективная фаза смешивания, которая длится в течение первых 45 - 50 секунд. Полный цикл смесеподготовки составляет 130 секунд, а полезное время смешивания - не более 100 секунд. Столь короткое время смесеподготовки обеспечивается конструкцией смесителя.

Данная модернизация в сравнении с той, которая рассматривается мною, экономически невыгодна. Так как установка дополнительной вихревой головки ведет к затратам электроэнергии, а также смесеприготовительный цикл на 45% увеличен. При всем этом качество смеси практически не меняется.

Смеситель фирмы Maschinenfabrik Gustav Eirich ("Айрих") (с вертикально расположенной вихревой головкой и неподвижным скребком). Фирма Maschinenfabrik Gustav Eirich (Фирма "Айрих") предлагает смешивание и охлаждение формовочного песка под вакуумом непосредственно в смесителе (рис. 3) для оптимизации ис-

пользования сырья, уменьшения объема устройства, улучшая одновременно и условия охраны окружающей среды.



Рис. 3.3. Смеситель АЙРИХ

К достоинствам данного смесителя можно отнести: компактная конструкция, удобство для сервисного обслуживания, все опоры расположены вне области смешивания, надежная, с длительным сроком службы конструкция, в случае аварийного отключения возможен запуск загруженного смесителя, сравнительно высокая стойкость изнашивающихся деталей, например, стенок и дна смесительного резервуара - ок. 2 лет, шарикового поворотного соединения - ок. 5 лет, до 8 млн. т произведенной готовой песчаной массы без капитального ремонта машины, немногие изнашивающиеся детали, узлы легко заменяемы, достаточный временной резерв для смешивания, минимизация связанных с песком отходов, оптимальный расход энергии, оптимальная, автоматическая настройка подачи аддитивов через собственную систему регулирования, в связи с предварительным сервисным обслуживанием внеплановое время простоя достигает менее 5 ч/год. Типовая программа высокопроизводительных интенсивных смесителей обеспечивает практически любую необходимую производительность.

Но главным недостатком является то, что производительный потенциал установки полностью оправдывает себя только тогда, когда

она работает с высококачественными формовочными компонентами. Следовательно, использование смесителя фирмы «Айрих» на наших заводах экономически нецелесообразно, так как это приведет к удорожанию продукции и к спаду её реализации.

Смеситель интенсивного действия P500 компании "Беллои и Романьоли" (OFFICINE MECCANICHE BELLOI & ROMAGNOLI SRL) (трёхлопастной с полотнами-скребками и расположенным внизу ротором).

Предлагаемые компанией современные смесители оснащены мощными и надежными поршневыми гидромоторами. Энергии, передаваемой гидро-мотором, достаточно для привода всех механизмов смесителя. В результате конструкция достаточно компактная (рис. 4).



Рис.3.4. Установка подготовки сырой формовочной смеси с производительностью 20 т/ч со смесителем P 500.

Перемешивающий блок включает в себя два вращающихся узла, которые, помимо вращения вокруг своей оси, перемещаются, перекрывая всю поверхность ванны. Установленные в перемешивающем блоке высокоскоростные роторы обеспечивают быструю активизацию добавок.



Рис.3.5. Смеситель интенсивного действия компании "Беллои и Романьоли".

За счет использования на каждом вращающемся узле планетарного редуктора процесс перемешивания осуществляется с высокой скоростью. Каждый вращающийся узел состоит из трех перемешивающихся лопастей с полотнами - скребками, подчищающими поверхность дна ванны. Все узлы снабжены износостойкими накладками.



Рис.3.6. Узлы смесителя интенсивного действия.

К достоинствам можем отнести:

а) смеситель отличается низким потреблением энергии и обеспечивает тщательное перемешивание компонентов, чистота стенок смесительной ванны поддерживается благодаря двум скребкам;

б) основные преимущества гидравлического привода по отношению к традиционному редукторному электродвигателю:

возможность подбора оптимальной скорости перемешивания путем изменения частоты вращения вала гидравлического двигателя, поглощение инерции, возникающей при незапланированных остановках (отключениях электропитания), при помощи разгрузочного кла-

пана, минимальное количество деталей и узлов, нуждающихся в обслуживании.

В перемешивании можно четко различать две стадии:

- предварительное перемешивание (от 4 до 12 секунд);
- интенсивное перемешивание (от 50 до 90 секунд).

К недостаткам (в сравнении со смесителем FDC) можем отнести длительное время перемешивания и нестабильность процесса, требующая повышенного внимания, высокую квалификацию обслуживающего персонала. Нестабильность выражается в следующем. Если продолжительность интенсивного перемешивания менее указанных значений, это, как правило, приводит к снижению значения сырой прочности. Кроме того, смесь получается неоднородной. Если продолжительность стадии будет более указанных значений, зачастую это вовсе не ведет к улучшению вышеуказанных характеристик формовочной смеси, а только является причиной неоправданных затрат энергии и снижения производительности линии.

Таблица 3.1.

Характеристики смесителей для подготовки сырой формовочной смеси

Тип смесителя	P250	P500	P1000	P1500	P2000	P2500H2	P3500H2	P4500H2
Зарядка, KG	280	600	1200	1800	2200	2800	4000	5500
Мощность, кВт	15	30	55	92	110	140	255	280
Производительность, т/час	10	20	40	60	72	100	150	180
Цикл, сек.	110	110	110	110	110	105	105	105

Смеситель DALSICA™ Industrial Mixers (с вращающимся ротором мешалкой и неподвижным скребком) Признанным лидером по качеству смесеприготовления и другим технологическим характеристикам является интенсивный смеситель с вращающейся емкостью, который отличается от роторных смесителей с неподвижной чашей: большей технологичностью, экономичностью, универсальностью, качеством смешивания и другими преимуществами.



Рис. 3.7. Смеситель D-12

Достоинства интенсивного противоточного смесителя:

быстрое и качественное смешивание компонентов любой консистенции (50-90 сек); эффективны при вводе малых (1-3%) добавок и особенно микродобавок (0,05-0,5%); обеспыливание смесей при пониженном расходе воздуха; восстановление связующих свойств обработанных ПГС; измельчение возможных комков горелой смеси; измельчение, активация и увлажнение связующего (например, бентонита); активация поверхности зерен песка; смешивание связующего с добавками; распределение связующего с добавками равномерным слоем по поверхности зерен песка; окатывание покрытых слоем связующего зерен песка; разрыхление и аэрация смеси, исключая ее комкование.

Таблица 3.2.

Технические характеристики интенсивных противоточных смесителей для формовочных смесей

Характеристики*	Типоразмеры смесителей периодического действия					
	D-7	D-9	D-12	D-15	D-18	D-21
Диаметр вращающегося бака, мм	700	900	1200	1500	1800	2100
Емкость по загрузке, кг	60	140	300	600	1300	2400
Производительность по пгс, т/ч	2	5	12	25	50	95
Общая мощность приводов, кВт	12	22	40	60	90	110
Масса, кг	900	1400	1900	3500	6500	9800



Рис. 3.8. Ротор и скребок. Видны днище, стенка бака и центральное окно выгрузки

Функциональные компоненты (рис.9):

- а) вращающийся цилиндрический бак;
- б) введенные вовнутрь бака вращающиеся ротор и мешалку;
- в) введенный вовнутрь бака неподвижный скребок.

Интенсивные смесители с вращающейся емкостью отличаются гибкостью и легко могут быть приспособлены к конкретным технологическим потребностям путем изменения количества, конфигурации и скорости вращения рабочих смесительных органов в широких пределах, путем изменения мощности приводов и другими приемами.

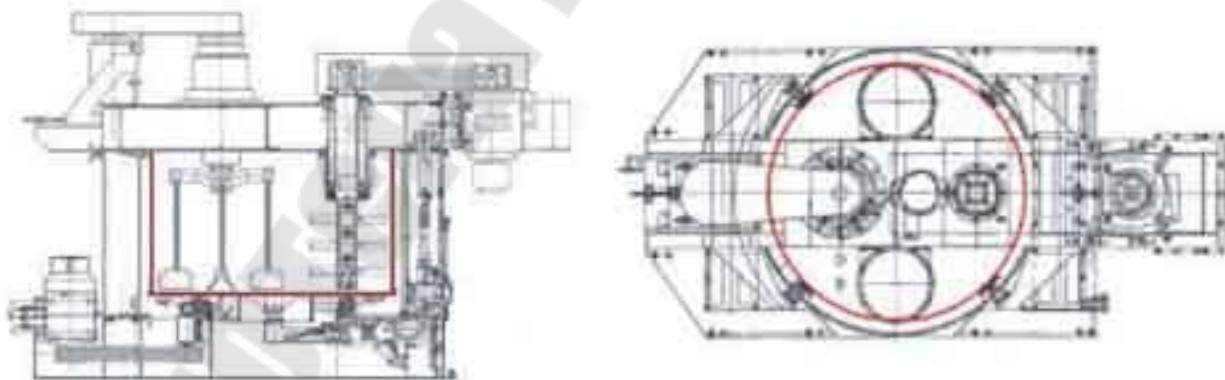


Рис. 3.9. Интенсивный противоточный смеситель периодического действия с ротором и мешалкой, которая обеспечивает макроперемешивание и быструю выгрузку

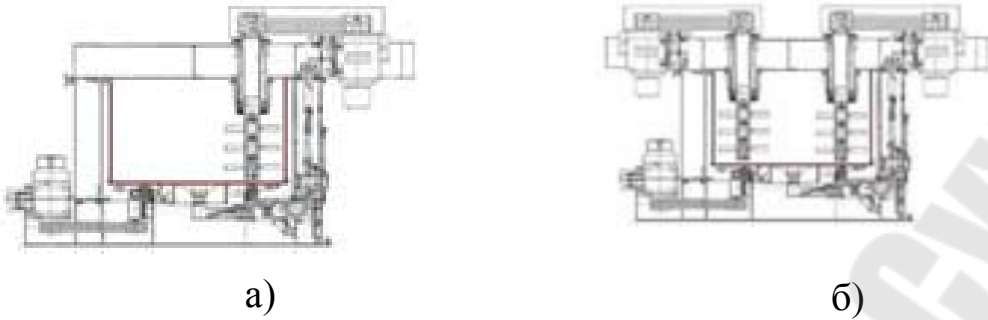


Рис. 3.10. Некоторые варианты типового исполнения предлагаемых интенсивных смесителей с вращающейся емкостью одного и того же типоразмера: а) с одним ротором; б) повышенной производительности с двумя роторами.

Недостатки: большое наличие быстро изнашиваемых деталей и узлов, неудобство при обслуживании; технические характеристики в сравнении со смесителем FDC ниже.

Интенсивный смеситель FDC (Германия) периодического действия (с вихревой головкой). Смеситель предназначен для приготовления единых, облицовочных, наполнительных и стержневых смесей. Перемешивание составных частей происходит за счет вращения 3-х лопастного активатора.

К достоинствам данного смесителя можно отнести:

- достаточный временной резерв для смешивания;
- значительная доля времени мокрого смешивания;
- минимизация отходов связанных с песком;
- оптимальный расход энергии;
- высокой надежностью рабочих органов;
- собственная конструкция системы управления и т.п.



Рис. 3.11. Плуги смесителя

Три плуга, вращающиеся в направлении потока песка (вращение против часовой стрелки), сконструированы таким образом, что смесь постоянно переворачивается и перемешивается (рис.11).

Недостатки: невысокая производительность, некачественное перемешивание, длительность процесса смешивания.

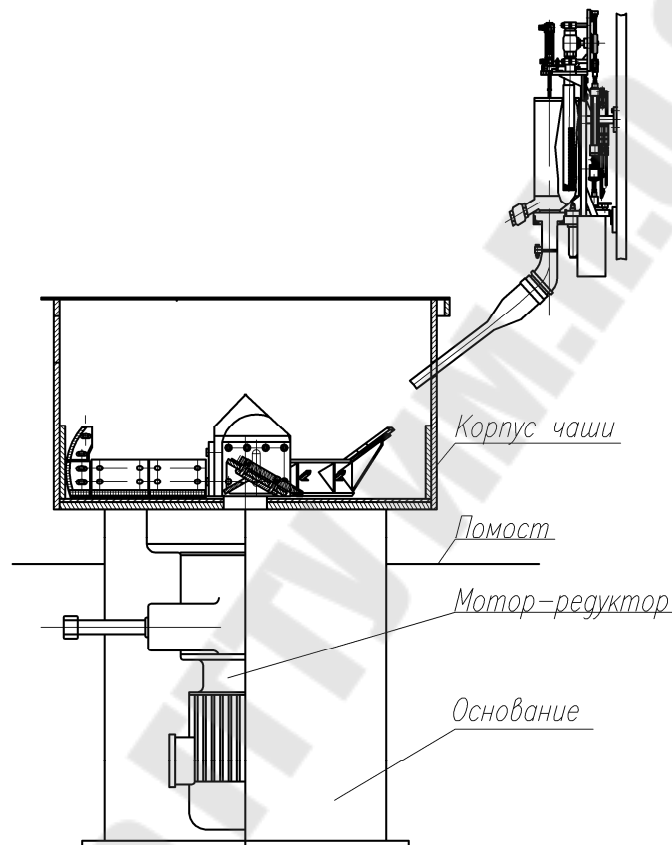


Рис.3.12 Смеситель FDC

Вывод: изучив и сравнив рабочие параметры оборудования для приготовления формовочных и стержневых смесей, объектом моей модернизации выберу смеситель периодического действия FDC.

В ходе выполнения данного проекта моей задачей ставиться увеличение производительности и получение более качественной смеси на выходе из смесителя. В этой связи я предлагаю следующий вариант модернизации смесителя: установить высокоскоростную вихревую головку, которая будет вращаться от индивидуального электродвигателя. Но при этом следует учесть тот факт, чтобы энергозатраты не превышали допустимые.

Технические характеристики, описание работы и правила эксплуатации. Смеситель ИСЛ-15 мод. Л446 является смесителем литейным чашечным периодического действия с вихревой головкой и активатором. Смеситель предназначен для приготовления единых, наполнительных, облицовочных и стержневых смесей на песчаных основах с пылевидными и жидкими добавками в смесеприготовительных отделениях литейных цехов.

Таблица 3.3

Техническая характеристика смесителя (основные данные)

Наименование параметров	Данные модернизации	
	До	После
Производительность (при времени цикла 90 сек.), т/час	10	20
Объем замеса (при плотности смеси не более 1,2 т/м ³ и сырой прочности < или = 0,7 кгс/см ²), м ³	0,42	
Размер рабочей части чаши, мм диаметр высота	1280 750	
Мощность привода активатора, кВт	37	37
Вихревая головка, шт.	-	1
Мощность привода вихревой головки, кВт	-	15
Частота вращения блока ножей вихревой головки, об./мин	-	1000
Режимы управления работой смесителя	наладочный, одиночный, автоматический	
Смазка подшипников вихревой головки	-	жидкостная, автоматическая, циркуляционная
Масса смесителя (с электрооборудованием) без дозирующих устройств, кг	2330	2600

Таблица 3.4

Техническая характеристика электрооборудования

Наименование параметров	Данные модернизации	
	До	После
Род тока питающей сети: напряжение, В частота, Гц	переменный 380 50	
Род тока цепей управления: напряжение, В	переменный постоянный 110	
Род тока в цепях сигнализации: напряжение, В частота, Гц	переменный 110 50	
Режим работы	наладочный	
Электродвигатель привода ротора вихревой головки: модель мощность, кВт частота вращения, мин ⁻¹	-	АИР 160 М6 У3 15 1000
Электродвигатель маслоснасоса смазки: модель мощность, кВт частота вращения, мин ⁻¹	-	АИР 63 А4 У3 0,25 1450

Таблица 3.5

Техническая характеристика системы смазки

Наименование параметров	Данные
Система вихревой головки – централизованная жидкая под давлением от насоса	из бака системы смазки
Марка масла	И-Г-А-46 ГОСТ 17479-87 (И-30А ГОСТ 20799-88)
Количество масла, л	30

Смеситель (см. черт. КП.ОЛЦ.01.11.00.00 СБ) состоит из основания смесителя FDC, корпуса чаши смесителя FDC, смонтированной на его основании, и мотор-редуктора FDC, закрепленного на внешней поверхности дна корпуса чаши. В состав смесителя входят также за-

крепленный на выходном валу мотор-редуктора активатор поз.3. На верхнем торце корпуса закреплена доработанная крышка поз.1, с вихревой головкой поз.2. На внешней цилиндрической поверхности корпуса закреплены кронштейн поз.8 с опорой поз.9 крепления вихревой головки, пробоотборник и бочок с насосом системы смазки поз.12 вихревой головки. Сбоку от смесителя на необходимой высоте устанавливается дозатор глинистой суспензии поз.21.

Устройство смесителя и его работа.

Доработка крышки смесителя FDC заключается в вырезании в ней двух отверстий: одного для возможности монтажа вихревой головки и другого для установки смотровой дверцы, причем это отверстие изнутри закрывается предохранительной сеткой.

Головка вихревая.

Вихревая головка является рабочим органом смесителя. Она обеспечивает интенсивное перемешивание, и рыхление слоев смеси, поднимаемых с днища смесителя плужками активатора.

Вихревая головка (см. черт. КП.ОЛЦ.13.11.00.00 СБ) состоит из вертикального ротора поз.1 и блока ножей поз.2, закрепленного на фланце вертикального ротора. Она содержит приводной электродвигатель. Планки контролируют крепление блока ножей, а диафрагма препятствует выбросу смеси из смесителя. Верхняя опора вала поз.4 содержит плавающий роликоподшипник с цилиндрическими роликами поз.46, установленный в корпусе поз.1 с крышкой поз.8. Корпус и крышка уплотнены по стыку друг с другом уплотнительной прокладкой поз.7. Нижняя опора вала поз.4 содержит сдвоенный конический роликоподшипник поз.44, воспринимающий высокие осевые и радиальные нагрузки, обеспечивая высокую точность и жесткость вала. Подшипниковые опоры смазываются централизованно, принудительно жидкой смазкой. Смазка верхней и нижней подшипниковых опор проходная (сверху вниз).

Смазка от питающего насоса по трубопроводам подается во входное отверстие верхней опоры корпуса поз.1 ротора и, проходя подшипник поз.46, по трубопроводу попадает во входное отверстие нижней опоры корпуса. Пройдя через нижний подшипник поз.44, масло из выходного отверстия опоры направляется по трубопроводу в бачек питающего насоса.

На верхнем конце вала ротора установлен переходник поз.12, имеющий как продольное поз.8 шпоночное соединение, так и попе-

речное поз.15. Через шпонки этих соединений переходник передает крутящий момент от вала к блоку ножей.

Блок рабочих ножей вихревой головки является быстросменным. Он крепится к фланцу вала ротора с помощью болтов поз.11. Блок ножей является рабочим органом, основными элементами которого являются обойма, выполненная в виде полой трубы с фланцем для крепления. В полой трубе корпуса выполнены девять рядов сквозных отверстий с поворотом (начиная снизу) на 30° относительно друг друга. В эти отверстия вставлены и приварены к трубе опорные направляющие элементы для установки девяти ножей.

Ножи из закаленной стали закрепляются двумя болтами с коническими гайками и шплинтом. На нижний нож закрепляются по концам дополнительные отогнутые вниз скребки, закрепленные теми же болтами.

Учитывая, что нижняя часть блока ножей при работе контактирует с большой скоростью со смесью, имеющей большую удельную плотность, чем верхние слои, роль нижних дополнительных лопаток чрезвычайно высока для получения смеси отличного качества, поэтому необходимо следить за их состоянием и производить своевременную замену изношенных или поломанных ножей.

Так как вал ротора вращается с большой скоростью необходимо следить за появлением вибрации и шума при работе вихревой головки. Причиной повышенной вибрации является нарушение дисбаланса блока ножей из-за износа или поломки нескольких ножей. При обнаружении поломки нескольких ножей в результате аварии целесообразна замена блока ножей новым, заранее статически сбалансированным в соответствии с ТУ чертежа, что существенно увеличит срок службы подшипниковых опор вихревой головки.

Активатор состоит из корпуса, закрепленного на выходном валу приводного мотор-редуктора, трех лопаток и трех шпонок. Корпус активатора имеет шпоночные пазы, по которым устанавливаются на болтах лопатки активатора. Точность установки лопаток обеспечивается шпоночным соединением. Шпонки передают окружное усилие на лопатки при работе активатора.

Режущие кромки ножей армированы твердосплавными пластинами ВК6, что значительно повышает срок службы ножей.

Пробоотборник расположен на высоте 350...400мм от днища корпуса смесителя и состоит из кожуха с крышкой, которая может поворачиваться на оси при воздействии рукой за рычаг.

Анализ модернизированного узла.

Данный смеситель представляет собой модернизацию смесителя FDC. Модернизация заключается в замене малопроизводительного способа смешивания формовочной смеси с помощью катков и лопаток на современный струйный способ смешивания высокооборотной многолезцовой вихревой головкой и лопастным активатором.

В смесителе FDC на выходном валу редуктора монтируется 3-х лопастной активатор. Дополнительно в корпусе смесителя над лопастями активатора размещается вихревая головка (рис.13), вращающаяся от индивидуального электродвигателя.

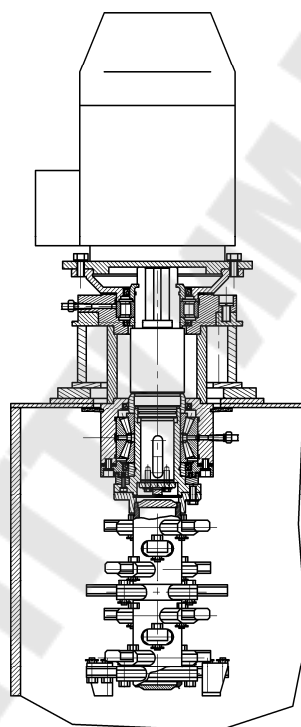


Рис.3.13. Вихревая головка

При вращении активатора одновременно осуществляется подача смеси к верхней секции вихревой головки для разрыхления. Прохождение под более низкой секцией завихрителя обеспечивает полное смешивание в области особенно интенсивного перемешивания и образование тонкой пленки связующего вокруг зерен наполнителя.

Одновременно верхние слои смеси направляются к верхней секции вихревой головки. Вызванные вращением головки высокие фрикционные силы способствуют быстрому смешиванию и диспергированию добавок.

Непрерывные повороты главного потока песка посредством вращающихся против часовой стрелки плужков, в комбинации с потоком песка, поступающим в противоположном направлении за счет вращения вихревой головки, обеспечивают эффективное смешивание компонентов и разрыхление смеси. В результате чего получается оптимальное качество формовочной смеси.

Подготовленная формовочная смесь покидает смеситель в конце цикла смешения и обладает высокой гомогенностью состава, рыхлой структурой и высокой сыпучестью, в ней полностью отсутствуют комья.

Такая технология подготовки формовочной смеси позволяет получать качественные отливки с высокой чистотой поверхности.

Если рассмотреть схему смесителя с точки зрения нагружения различных элементов и теории прочности, то можно выделить следующие наиболее нагруженные элементы: ножи, расположенные в обойме вихревой головки, корпус, а также прочность сварных соединений.

Расчёт элементов, узлов и агрегатов.

Исходя из конструктивной схемы (см. рис. 12) наибольшему воздействию со стороны формовочной или стержневой смеси, т.е. нагружению, подвержены элементы: ножи, корпус, сварное соединение. Поэтому для обеспечения надёжности работы смесителя следует провести расчёт на прочность соответствующих элементов.

Расчет электродвигателя вихревой головки:

Двигатель является одним из основных элементов машинного агрегата. От типа двигателя, его мощности, частоты вращения и прочего зависят конструктивные и эксплуатационные характеристики рабочей машины и ее привода.

Определим силу, действующую на нож:

$$F = S \cdot P$$

где S – площадь, на которую действует смесь; P – сопротивление смеси.

Сопротивление смеси равно ([3], с.56):

$$P = k \cdot G \cdot a \cdot x$$

где k - коэффициент зависящий от свойств смеси $k = 0,9 \cdot 10^{-5} - 1,3 \cdot 10^{-5}$ ([3], с.56); G - вес смеси загружаемый в бегуны $G = 504 \text{ Н}$; a - угловая скорость вращения ротора $\omega = 0,17 \text{ с}^{-1}$; x - расстояние от центра вращения до ножа $x = 139 \text{ мм}$

$$P = k \cdot G \cdot \omega \cdot x = 1,3 \cdot 10^{-5} \cdot 504 \cdot 0,17 \cdot 139 = 0,155 \text{ Н/мм}^2.$$

Определим площадь, на которую действует сопротивление смеси:

$$S = a \cdot b,$$

где a – ширина ножа, мм; b – длина ножа, на которую воздействует смесь, мм

$$S = 139 \cdot 40 = 5560 \text{ мм}^2$$

Сила действующая на иглу

$$F = S \cdot P = 5560 \cdot 0,155 = 862 \text{ Н}$$

Изгибающий момент действующий на валу равен:

$$M = F \cdot z = 862 \cdot 139 = 1198,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Для определения пороговой мощности электродвигателя используем обратный расчет определения крутящих моментов передаваемых на валу.

$$T_4 = 1198,2 \text{ Нм}$$

$$T_3 = \frac{T_4}{(U_6 \cdot \eta_{6x} \cdot \eta_{п})} = \frac{1198,2}{3,97 \cdot 0,99 \cdot 0,97} = 314,291 \text{ Нм}$$

$$T_2 = \left(\frac{T_3}{(U_T \cdot \eta_{ТХ} \cdot \eta_{п})} \right) = \frac{314,3}{(2,757 \cdot 0,97 \cdot 0,99)} = 118,714 \text{ Нм}$$

$$T_1 = \left(\frac{T_2}{(U_{оп} \cdot \eta_{рп} \cdot \eta_{п})} \right) = \frac{118,714}{(2 \cdot 0,94 \cdot 0,99)} = 63,776 \text{ Нм}$$

$$N_1 = n_1 \cdot \frac{T_1}{9550} = 1000 \cdot \frac{63,776}{9550} = 6,678 \text{ кВт}$$

По техническим причинам для обеспечения запуска загруженного смесителя мощность электродвигателя вихревой головки принимаем исходя из ([8], с.24):

$$N_{\text{эд.}} = N_1 \cdot k$$

где $k = 2,1$ – коэффициент отношения пороговой мощности к номинальной ([8], табл.4.6);

$$N_{\text{эд.}} = N_1 \cdot k = 6,678 \cdot 2,1 = 14,02 \text{ кВт}$$

В приводе вихревой головки используем трехфазный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель модели АИР160М6У3.

Технические данные двигателя АИР160М6У3:

Синхронная частота вращения, n 1000 об/мин.

Номинальная мощность, $N_{\text{эд.}}$ 15 кВт.

Скольжение, s 3 %.

Номинальная частота вращения двигателя рассчитывается следующим образом:

$$n_{\text{дв}} = n - \frac{s}{100} \cdot n = 1000 - \frac{3}{100} \cdot 1000 = 970 \text{ об/мин}$$

Угловая скорость вращения вала электродвигателя и вала, приводящего во вращение вихревую головку, рассчитывается следующим образом:

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{\pi \cdot 970}{30} = 102 \text{ рад/с}$$

Мощность, развиваемая на валу вихревой головки:

$$N = N_{\text{эд.}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,96 = 14,4 \text{ кВт,}$$

где η – КПД привода

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_{\text{подш.}}^2 = 0,98 \cdot 0,99^2 = 0,96$$

$\eta_{\text{подш.}}$ - КПД подшипников качения, $\eta_{\text{подш.}} = 0,99$ ([6], табл. 2.2);

η_m – КПД муфты, $\eta_m = 0,98$ ([6], табл. 2.2).

Теперь рассчитаем вращающий момент на валу:

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{14,4 \cdot 10^3}{102} = 141,17 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Расчет шпонки на смятие рабочих граней.

Рассчитаем призматическую шпонку, которая расположена на валу, соединяющая вал вихревой головки и переходник, на смятие ра-

бочих граней. Сминается часть шпонки, выступающая из вала. Размеры шпонки $18 \times 11 \times 80$ ГОСТ 23360-78.

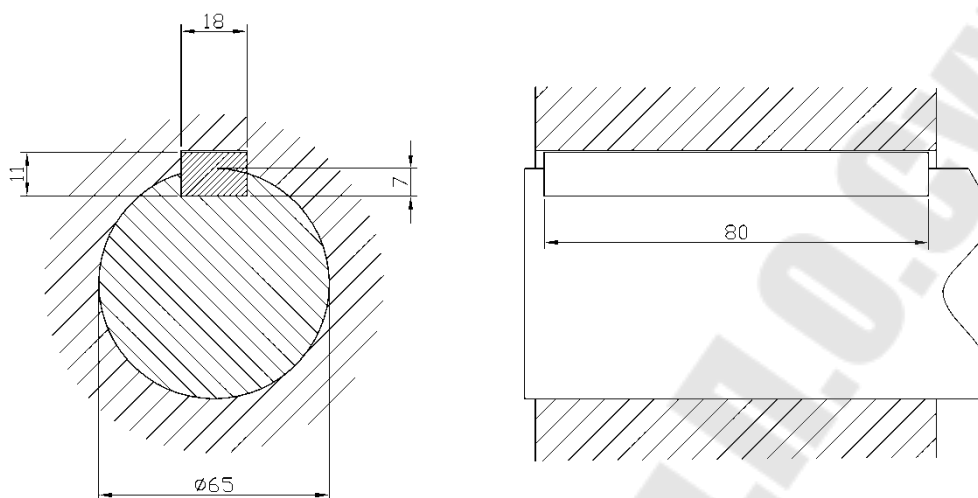


Рис. 3.14. Расчетная схема

Условие прочности:

$$\sigma_{см} = \frac{F \cdot t}{A_{см}} \leq [\sigma]$$

Принимается, что нагрузка на рабочих гранях распределена равномерно, а ее равнодействующая приложена на плече, равном $d/2$.

$$\sigma = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1)(l - b)} = \frac{2 \cdot 141,17 \cdot 10^3}{65 \cdot (11 - 7) \cdot (80 - 18)} = 17,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma = 17,5 \text{ МПа} < [\sigma] = 100 \text{ МПа},$$

где $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$ для Сталь 45 ([9], стр. 153).

Условие прочности из расчёта на срез шпонки

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l \cdot d} \leq [\tau]_{ср}$$

где $[\tau]_{ср}$ – допускаемое напряжение при срезе $[\tau]_{ср} = 100 \text{ МПа}$ [стр. 154].

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l \cdot d} = \frac{2 \cdot 141,17 \cdot 10^3}{18 \cdot 62 \cdot 65} = 3,89 \text{ МПа}$$

$$\tau_{cp} \leq [\tau]_{cp}.$$

Вывод: Из расчетов видно, что условие прочности на смятие $\sigma = 17,5 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 100 \text{ МПа}$ и по касательным напряжениям $\tau_{cp} \leq [\tau]_{cp}$ выполняются. Это говорит о том, что шпонка $18 \times 11 \times 80$ ГОСТ 23360-78 вполне удовлетворяет условиям работы механизма и не выходит из строя при данных нагрузках.

Расчет корпуса вихревой головки на прочность.

Рассчитаем корпус вихревой головки, в который вставляется обойма с ножами, на кручение.

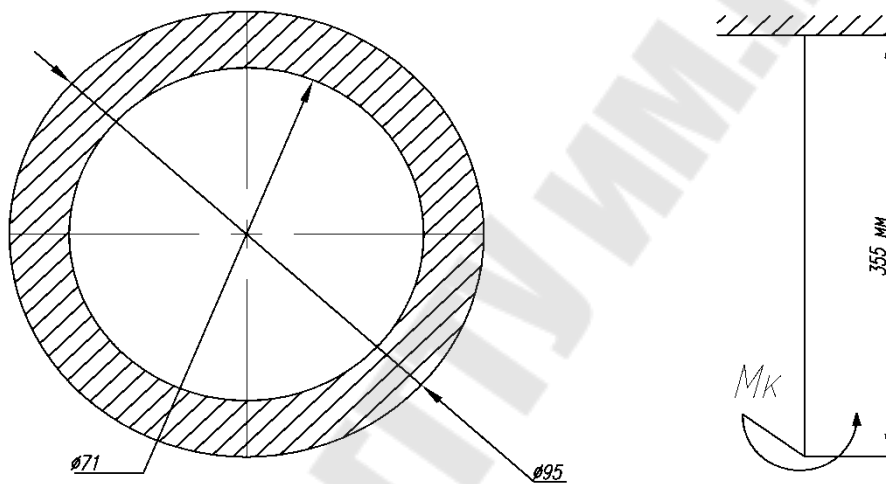


Рис. 3.15. Расчетная схема

Площадь сечения:

$$S = S_{\emptyset 0,95} - S_{\emptyset 0,71} = 70,85 - 39,57 = 31,28 (\text{см}^2).$$

Определим полярный момент инерции кольцевого поперечного сечения ([9], с.175, ф. 22.5):

$$J_p = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_0^4)}{32} \approx 0,1 \cdot d^4 \cdot (1 - c^4),$$

где $c = \frac{d_0}{d}$; $c = \frac{71 \text{ мм}}{95 \text{ мм}} = 0,747$; d – внешний диаметр корпуса, $d = 9,5 \text{ см}$.

$$J_p \approx 0,1 \cdot 9,5^4 \cdot (1 - 0,747^4) = 25,36 \text{ см}^4.$$

Полярный момент сопротивления кольцевого сечения определяем по формуле ([9], с.175, ф.11.6):

$$W_p = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_0^4)}{16 \cdot d} \approx 0,2 \cdot d^3 \cdot (1 - c^4),$$

$$W_p \approx 0,2 \cdot 9,5^3 \cdot (1 - 0,747^4) = 10,67 \text{ см}^3.$$

Крутящий момент найдем по формуле:

$$M_k = L \cdot S_{сеч} \cdot G,$$

где L – длина корпуса; $L = 35,5 \text{ см}$; S – площадь сечения; $S = 31,28 \text{ см}^2$; G – предел прочности; $G = 2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$.

Тогда

$$M_k = 35,5 \cdot 31,28 \cdot 2 = 2220 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Наибольшие касательные напряжения в поперечном сечении ([9], с.175, ф.8.6):

$$\tau_{\max} = \frac{M_k}{W_p};$$

$$\tau_{\max} = \frac{2220}{10,67} = 208,1 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}.$$

Вывод: Условие прочности $\tau_{\max} \leq [\tau] = 350 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ (для стальных валов) выполняется, т.е. наибольшие касательные напряжения, возникающие в скручиваемом брусе, не превышают допускаемые напряжения.

Относительный угол закручивания ([9], с.174, ф.6.6):

$$\vartheta = \frac{M_k}{G \cdot J_p};$$

где $G = 8 \cdot 10^{-5} \text{ кг} / \text{см}^2$ - модуль сдвига ([9], с.640, прил.1).

$$\vartheta = \frac{2220}{8 \cdot 10^5 \cdot 25.36} = 11 \cdot 10^{-5} \text{ рад.}$$

Полный угол закручивания ([9], с.176, ф.13.6):

$$\varphi = \frac{M_{\kappa} \cdot l}{G \cdot J_p};$$

$$\varphi = \frac{2220 \cdot 35.5}{8 \cdot 10^5 \cdot 25.36} = 389,6 \cdot 10^{-5} \text{ рад.}$$

Расчет сварного соединения на прочность.

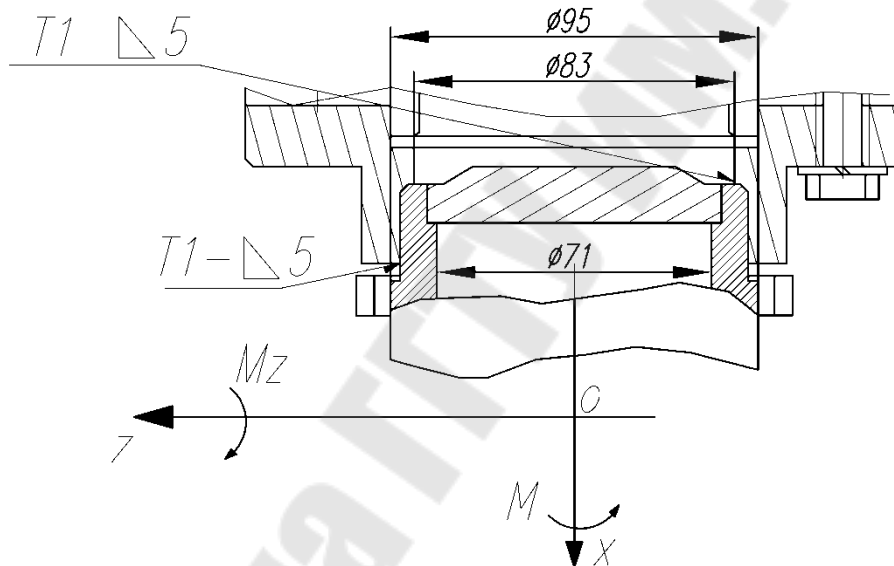


Рис. 3.16. Расчетная схема

Определим момент сопротивления изгибу расчетного сечения сварного шва, который, если рассматривать шов, как тонкое кольцо, находим по формуле ([2], с.102):

$$W = \frac{2 \cdot J_{\text{шва}}}{d},$$

где $d = 90 \text{ мм}$ – диаметр, на который накладывается сварной шов; $J_{\text{шва}}$ – осевой момент инерции тонкого кольца;

$$J_{\text{шва}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ср}}^3}{8} \cdot \delta,$$

где $d_{cp} = 9,5$ см - средний диаметр шва; $\delta = 5$ мм – расчетная толщина профиля сварного шва;

$$J_{шва} = \frac{3,14 \cdot 9,5^3}{8} \cdot 0,5 = 168,26 \text{ см}^4.$$

Тогда

$$W = \frac{2 \cdot 168,26}{9} = 37,4 \text{ см}^3.$$

Определим полярный момент сопротивления сечения сварного шва ([2], с.103):

$$W_p = 2 \cdot W = 2 \cdot 37,4 = 74,8 \text{ см}^3.$$

Сварной шов воспринимает изгибающий момент, который действует в плоскости Оху:

$$M_z = L \cdot S \cdot G,$$

где $L = 4,75$ см; S – площадь сечения корпуса, исключая площадь отверстий под ножи; $S = 917,985 \text{ см}^2$; G – предел прочности;

$$G = 2 \frac{\text{кг}}{\text{см}}.$$

Тогда

$$M_z = 4,75 \cdot 917,985 \cdot 2 = 8720 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Крутящий момент вызывает в материале сварного шва напряжения среза ([2], с.103):

$$\tau = \frac{M_z}{W_p};$$

$$\tau = \frac{2220}{74,8} = 29,7 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Изгибающий момент M_z вызывает в материале сварного шва нормальные напряжения изгиба ([2], с.102):

$$\sigma = \frac{M_z}{W} = 8720 \div 37,4 = 233 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Эквивалентные напряжения в материале сварного шва ([2], с.103):

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{233^2 + 4 \cdot 29,7^2} = 240,6 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемые напряжения растяжения для сварных швов принимают равным:

$$[\sigma]_p = 0,9[\sigma]_p = 0,9 \cdot 700 = 630 \text{ кг/см}^2.$$

где $[\sigma]_p = 700$ - допускаемое напряжение основного металла соединяемых элементов при растяжении ([2], табл.1);

Вывод: Условие прочности выполняется:

$$\sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma]_p = 630 \text{ кг/см}^2.$$

Прочность кругового сварного шва достаточна.

Описание работы схемы управления.

1. Система смазки

Назначение: смазка подшипников вихревой головки.

Смазка электродвигателей и редуктора производится согласно инструкциям.

Состав: централизованная система смазки и дроссельное регулирование.

Работа: смазка головки вихревой осуществляется централизованной системой дроссельного регулирования постоянного действия, состоящей из станции смазки С48-12М, блока контроля и трубопроводов. Смазка из станции смазки СС1 через блок контроля с РД1 и МН1 и дроссель ВН1 подается в вихревую головку, откуда сливается в станцию смазки.

2 Электрооборудование

Электрооборудование обеспечивает работу смесителя в следующих режимах:

- ✓ Автоматическом
- ✓ Наладочном (производится наладка и настройка смесителя на производительность и физико-механические свойства приготавливаемой смеси)

- ✓ Одиночном

Оно состоит из силового оборудования, аппаратуры управления, и сигнализации. Электродвигатели размещены на машине, аппаратура управления в шкафу автоматики, переключатели и сигнальные лампы на пульте управления. На боковой стенке шкафа находится

трехфазный автоматический выключатель для подключения смесителя к питающей сети.

На смесителе применяются следующие величины напряжений переменного тока:

- силовая цепь: Напряжение 380В, частота 50Гц;
- цепь управления: Напряжение 110В, частота 50Гц;
- цепь сигнализации: Напряжение 110 В; частота 50Гц;
- цепь местного освещения: Напряжение 220 В, частота 50Гц;

Ввод питающих проводов осуществляется через отверстие в дне шкафа автоматики.

При первоначальном пуске смесителя необходимо: прежде всего, заземлить смеситель подключением к общей цеховой системе заземления и проверить надежность крепления основных узлов, в частности крепления вихревой головки к корпусу смесителя, убедиться, что ножи лопастей активатора не задевают днище и внутреннюю поверхность корпуса и блок ножей вихревой головки; проверить работу системы смазки. Проверить действие блокирующих и сигнализирующих устройств. При помощи кнопок и переключателей проверить четкость срабатывания, магнитных пускателей и реле.

Убедившись в нормальной работе всех узлов смесителя, можно приступить к настройке его для работы.

Собранный смеситель настраивается на определенную производительность по выбранной циклограмме, в соответствии с рецептурой исходных компонентов смеси. По этой циклограмме настраивается время и периодичность работы устройств загрузочных и механизма выгрузки.

После необходимо установить на панели управления наладочный режим и произвести запуск приводов смесителя. Перед включением в работу устройств загрузочных необходимо убедиться, что ленточный транспортер, предназначенный для уборки приготовленной смеси и вытяжная вентиляция, включены в работу.

Произвести включение в работу устройств загрузочных в последовательности, предусмотренной циклограммой. После окончания перемешивания произвести выгрузку приготовленной смеси, используя механизм выгрузки.

Запуск смесителя осуществляется нажатием кнопки SB9H в цепи 12. Питание в цепь подается при закрытой смотровой дверце, контроль за которой осуществляется реле РПЛ К1, замыканием конечного выключателя S1. При нажатии кнопки «Питание», замыкается

контакт К12. В насосе смазки срабатывает реле времени КМ3, за время которого происходит нагнетание масла по трубопроводу в систему смазки. Реле давления SP1 контролирует достижение необходимого давления за время, заложенное в КМ3. Если давление в системе будет ниже заданного, то сработает предохранительная система и цепь разомкнется. При нормальной работе реле РПЛ К13 будет производить контроль системы смазки.

Кнопкой SB10Н производится запуск ротора. После чего кнопкой SB11Н – запуск активатора, при нажатии которой замыкаются клеммы К14 и К15 при нормальных показателях электротеплового реле КК2, КК1, КК3.

При нажатии А12 срабатывает трансформатор Т3, который преобразует напряжение сети в напряжение сигнализации и управления.

Общий стоп осуществляется нажатием кнопки SB13.

Мероприятия по повышению эффективности работ автомата, обеспечения безопасности работы и охране окружающей среды. Эффективность работы смесителя зависит от многих параметров. В том числе отработанная смесь должна попадать в смеситель только после двойной магнитной и ситовой сепарации. От надёжной работы смесеприготовления зависит и весь производственный процесс. Коэффициент загрузки смесителя должен быть меньше чем коэффициент загрузки всей линии. Поэтому надёжности смесителя уделяется весьма важное влияние.

Для обеспечения надёжности используются следующие методы:

- Защита двигателей катков с помощью реле максимального тока
- Защита двигателей дозаторов тепловым реле
- Системой предохранителей и т.д.

Смазка в бегунах осуществлена по двум схемам. Все подшипники и зубчатые колёса (кроме верхних подшипников выходного и промежуточного вала) смазываются разбрызгиванием заливаемого в корпус масла. Для смазки верхних подшипников масло подаётся масляным насосом БГ11-11, расположенном на раме.

Требования мер безопасности:

- ✓ Необходимо соблюдать правила общей техники безопасности смесеприготовительных отделений;
- ✓ Периодически перед началом смены проверять правильность работы блокировочных устройств;

✓ Перед входом рабочего внутрь бегунов для очистки или ремонта необходимо выключить рубильник электрошкафа, вынуть плавкие предохранители и выключить автомат питающий электродвигатель привода бегунов. На отключенный рубильник и пульт управления повесить таблички «Не включать работают люди».

Для очистки воздуха от пыли образующейся в процессе перемешивания предусмотрен отсос воздуха из полости бегунов (6000 м³/ч). Воздух проходит через циклон где осаждаются крупные частицы пыли, а затем через систему мокрых и сухих фильтров для более тонкой очистки.

Правила ухода за машиной, организация труда и планово-предупредительный ремонт

Смеситель обслуживает 1 оператор, прошедший техническое обучение и инструктаж по технике безопасности. Обязательным условием эксплуатации смесителя является использованность всех механизмов, вентиляции, освещения, правильная и безопасная организация рабочего места и обеспеченность ее необходимым исправным инструментом.

За соблюдением норм эксплуатации смесителя, а также его исходное состояние и за состояние по технике безопасности и производственной санитарии отвечает назначенный приказом по цеху ответственный руководитель.

Планово-предупредительный ремонт рекомендуется производить только путем замены узла, отработавшего свой ресурс, на исправный. Вновь устанавливаемый узел должен быть проверен и отрегулирован в соответствии с его техническими характеристиками.

Категорически запрещается использовать для ремонта детали, не соответствующие требованиям рабочих чертежей и технической документации на настоящий смеситель.

После проведения ремонта смеситель подвергается контрольным испытаниям, на основании которых делается заключение о качестве проведенного ремонта и возможности дальнейшей эксплуатации смесителя.

При проведении ремонта и контрольных испытаний должны соблюдаться действующие правила техники безопасности и производственной санитарии.

Планово-предупредительный ремонт рекомендуется проводить по следующей схеме:

К-О-О-М1-О-С1-О-О-М2-О-О-С2-О-О-М3-О-О-К,

где К – капитальный ремонт; О – осмотр; М – малый ремонт; С – средний ремонт.

Таблица 3.6

Перечень наиболее часто встречающихся возможных неисправностей:

<i>Наименование неисправности, проявление и признаки</i>	<i>Вероятная причина</i>	<i>Метод устранения</i>
1. Повышенная вибрация и шум при работе вихревой головки	Поломка ножей в блоке.	Замена блока ножей
	Разбалансировка ротора	Балансировка ротора
2. Налипание смеси на днище и вихревых поверхностях чаши (асфальтирование). Повышенная нагрузка на приводном электродвигателе.	Увеличенный зазор между ножами активатора, днищем и боковыми стенками корпуса. Поломка твердосплавных пластинок на ножах.	Отрегулировать зазоры ножей. Заменить ножи новыми. Напаять твердосплавные пластинки.
3. Разрушение твердосплавных пластин боковых ножей лопаток активатора	Выступление двери за поверхность корпуса чаши и удар боковых ножей о кромку двери при выступе более 3...4 мм.	Отрегулировать положение двери, совместив внутренние поверхности двери и корпуса

По результатам проведенной работы можно сделать определённые выводы по оценке технологичности оборудования, по экономическому эффекту от модернизации, по трудоёмкости внедрения модернизации и эффективности модернизации с точки зрения литейного производства.

После проведения модернизации в смесителе периодического действия FDC существенным изменением в параметрах смесителя является производительность, которая из 10 т/ч выросла до 20 т/ч. От-

сюда и вытекают соответствующие достоинства модернизации. Энергопотребление смесителя сильно не изменилось, а производительность выросла.

Технико-экономический расчет показал, что полезный эффект за срок эксплуатации составит 319552,32 тыс. руб. Проведение модернизации смесителя периодического действия FDC сократит затраты предприятия, что скажется на себестоимости продукции и заработной плате рабочих.

В условиях конкурентной борьбы на рынке литейного производства качество продукции остаётся определяющим фактором при выборе того, кто будет выполнять заказ. Качество поверхности отливок при этом является одним из основных критериев определения качества продукции. Поэтому нет необходимости говорить о том, как подобная модернизация может сказаться на всём предприятии в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. - М.: Машиностроение, 1977.
2. Аксенов П. Н., Орлов Г. М., Благонравов Б. П. Машины литейного производства. Атлас конструкций: Учебное пособие. - М.: Машиностроение, 1982.
3. Беликов О. А., Каширцев Л. П. Приводы литейных машин. - М.: Машиностроение, 1971.
4. Бессекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. - М.: Наука, 1975.
5. Белянин П. Н. Робототехнические системы для машиностроения. - М.: Машиностроение, 1986.
6. Горский А. И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства. - М.: Машиностроение, 1978.
7. Зайгеров И. Б. Оборудование литейных цехов: Учебное пособие. - Мн.: Высшая школа, 1980.

Карпенко Валерий Михайлович
Филипенко Евгения Владимировна

КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Методические указания
для студентов специальности 1-36 12 01
«Машины и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 19.05.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,1.

Изд. № 243.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.