

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

В. М. Карпенко, Е. В. Филипенко

КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ПОСОБИЕ

для студентов специальности 1-36 02 01

**«Машины и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2010

УДК 621.74.06:658.2(075.8)
ББК 34.61я73
К26

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 02.03.2010 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 : пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» днев. и заоч. форм обучения / В. М. Карпенко, Е. В. Филипенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 96 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.

Даны рекомендации по выполнению конструкторской части дипломного проектирования с примером расчета. Данное пособие может быть использовано студентами в курсовом и дипломном проектировании при разработке конструкторской и специальной частей.

Для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.74.06:658.2(075.8)
ББК 34.61я73

© 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 начале XX века была разработана **двухванная печь** (рис.2.1), которая представляла собой плавильный агрегат с двумя ваннами, двумя головками, двумя вертикальными каналами, двумя шлаковиками и системой боровов и перекидных клапанов. Принцип работы двухванной печи заключается в том, что в то время как в одной ванне идет продувка металла кислородом, в другой твердая шихта подогревается за счет тепла отходящих от первой ванны газов. Расчет показывает, что при продувке кислородом обычного передельного чугуна приход тепла на 1 т чугуна составляет – 3150 МДж. Это количество складывается из трех примерно равных слагаемых; 1) физического тепла жидкого чугуна; 2) тепла, выделяющегося при окислении примесей чугуна; 3) тепла сгорания CO до CO₂.

Количество переработанного лома определяется на основе теплового баланса. При содержании в шихте более 65-68% жидкого чугуна двухванные печи могут работать без расхода топлива. Если же по условиям производства в печь загружается лома больше, чем соответствует тепловому балансу, то недостаток тепла компенсируется

подачей топлива. Естественно, что тепловой баланс зависит также от состава чугуна, главным образом от содержания в нем кремния. Топливо в двухваннные печи подается с помощью топливно-кислородных горелок, установленных в своде и торцах печи.

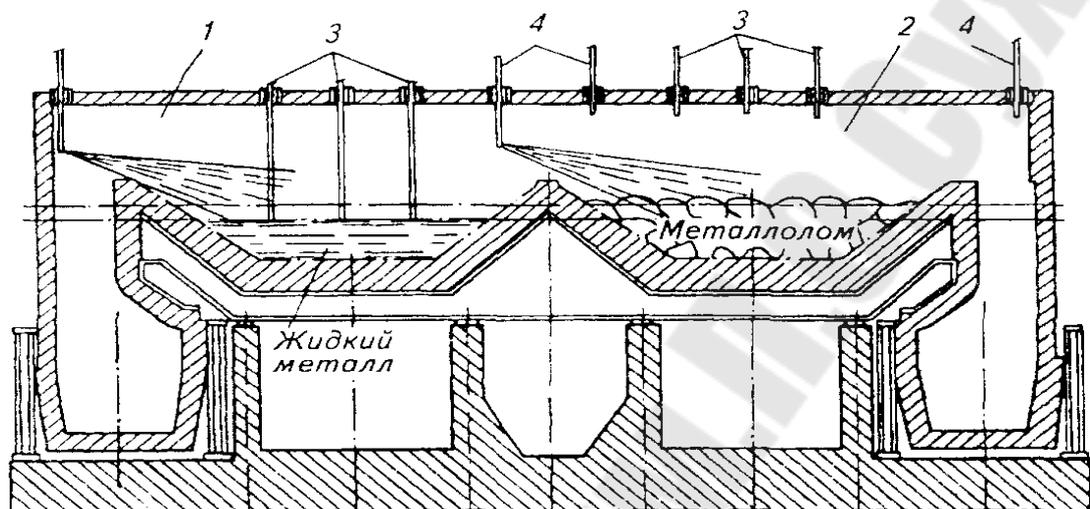


Рисунок 2.1 Схема двухванной сталеплавильной печи:
1-первая ванна, 2-вторая ванна, 3-кислородные фурмы, 4-топливно-кислородные горелки

Поскольку на двухванных печах регенераторов нет, то нет и необходимости сохранять тепло газов, попадающих из печи в шлаковик. Для снижения температуры отходящих газов в шлаковики впрыскивается вода, и это, в свою очередь, приводит к получению в шлаковиках рыхлого шлака, удаляемого легко, без взрывов и нарушения кладки.

Технология плавки в двухванной печи принципиально не отличается от технологии плавки в мартеновской печи, работающей с интенсивной продувкой ванны кислородом, однако имеется некоторое различие. В момент окончания заливки чугуна, когда начинается интенсивная продувка ванны сверху кислородом, технология плавки имеет сходство с технологией плавки в конвертере. В момент начало продувки ванны в шлаке наблюдается высокое содержание оксидов железа. В период интенсивного обезуглероживания содержание оксидов железа в шлаке несколько снижается, однако в конце плавки, при понижении концентрации углерода, содержание оксидов железа вновь возрастает.

Основное количество тепла в ванне печи выделяется в результате окисления железа и его примесей, а относительная величина теп-

лоотдающей поверхности в двухванной печи выше, чем в конвертере, поэтому температура в рабочем пространстве ниже, чем в мартеновских печах и в конвертерах. Температура шлака в двухванной печи, как правило, не превышает температуры металла, а на отдельных плавках даже ниже. Вследствие более низкой температуры шлака наведение активного жидкоподвижного высокоосновного шлака затрудняется, поэтому предпочитают по ходу плавки не вводить значительных порций извести, а для полного ошлакования извести или известняка, загруженных во время завалки, практикуют метод подъема одной или двух фурм. При этом интенсивно начинает окисляться железо; в результате повышения температуры шлака и его окисленности быстро формируется достаточно жидкоподвижный и гомогенный шлак.

Достоинствами двухванных печей являются:

- 1) высокая производительность;
- 2) возможность размещения печей в условиях существующих мартеновских цехов.

Накопленный опыт выявил и ряд серьезных недостатков, а именно:

- 1) большие подсосы холодного воздуха;
- 2) увеличенный расход кислорода;
- 3) повышенный угар металла;
- 4) значительный вынос плавильной пыли;
- 5) серьезные проблемы в организации безопасной работы персонала по причине интенсивного выделения пыли из рабочего пространства печи непосредственно в цех.

Топливоно-дуговой сталеплавильный агрегат (рис. 2.2) разработан Челябинским научно-исследовательским институтом металлургии на основании опыта комбинированного использования в дуговых печах электроэнергии, газообразного и твердого топлива, а также теплоты отходящих технологических газов для предварительного нагрева лома. В топливоно-дуговой сталеплавильный агрегат входят ДСП и многокамерный шахтный водоохлаждаемый подогреватель лома. Печь оборудована эркерными топливоно-кислородными горелками мощностью по 25-30 МВт каждая и фурмами для вдувания угля и кислорода. В стенах печи установлены также кислородные фурмы для дожигания технологических газов. Плавка в топливоно-дуговом агрегате проводится в две стадии. На первой стадии лом, уже подогретый до 700 С в нижней камере шахты, нагревается в объеме печи до

температуры плавления только за счет сжигаемого в кислороде топлива. На второй стадии расплавление шихты и нагрев жидкой ванны проводятся при одновременном использовании электроэнергии и порошкообразного угля. За 4 мин до выпуска плавки с целью гомогенизации состава ванны и выравнивания ее температуры вдувание угля прекращают и плавку доводят только на электрических дугах. Для 100-т печи расчетная производительность 900 тыс. т/год.

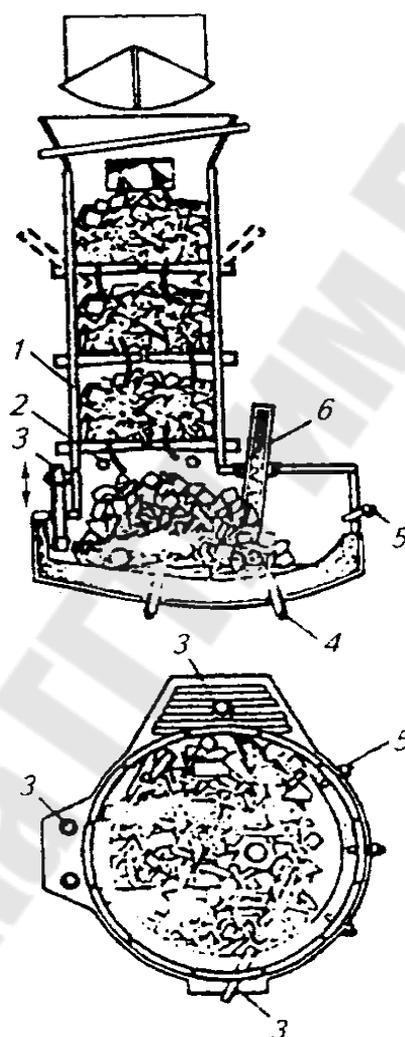


Рисунок 2.2 - Топливо-дуговой сталеплавильный агрегат:

1-шахта, 2-газо-воздушные горелки, 3-высокомощные вращающиеся топливно-кислородные горелки, 4-подовые фурмы для вдувания угля и кислорода, 5-стенные кислородные фурмы, 6-внецентренный графитированный электрод

За счет высокотемпературного нагрева лома технологическими газами и использования больших количеств топлива расход электро-

энергии может быть снижен до 180кВт ч/т, расход электродов-до менее 1,2кг/т. При этом по сравнению с обычной ДСП затраты первичной энергии на выплавку стали могут быть уменьшены в 1,5-1,6 раза, что способствует не только повышению экономической эффективности процесса, но и улучшению экологии.

Двухэлектродная дуговая печь постоянного тока (рис. 2.3) разработана фирмами Японии и Швейцарии. Первая такая печь емкостью 250т введена в эксплуатацию на заводе фирмы Tokyo Steel в 1996г. установка состоит из двух основных элементов: овальной печи и системы загрузки лома. В последнюю входят криволинейный шахтный подогреватель и загрузочное устройство с двумя толкателями, расположенных на разных уровнях. Лом из бункера поступает в шахту и нагревается технологическими газами до температуры 800С.

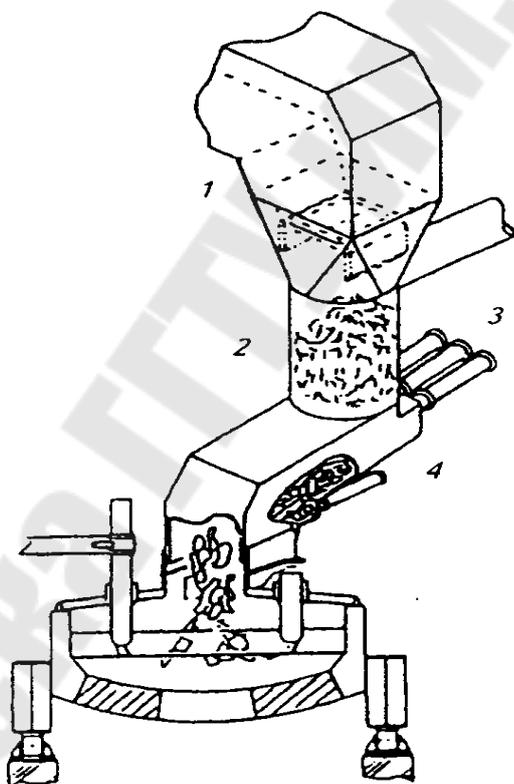


Рисунок 2.3 - Двухэлектродная ДСП постоянного тока:
1-бункер, 2-шахта, 3-верхний толкатель, 4-нижний толкатель

Печь оборудована двумя верхними графитовыми электродами и двумя подовыми электродами, выполненными из токопроводящих огнеупоров. Дуги отклонены к центру печи, куда загружается лом; этим достигается уменьшение тепловой нагрузки стен, в результате можно не устанавливать стеновые панели и снизить теплопотери пе-

чи. Печь работает с очень большой массой оставшегося от предыдущей плавки расплава. Это обеспечивает постоянство условий работы печи. Загрузка лома в шахту полностью автоматизирована и основана на контроле уровня лома в шахте. Автоматизированы процессы вдувания кислорода, углерода, шлакообразующих, управление перемещением графитовых электродов.

Преимуществами такой печи являются:

- 1) расход электроэнергии 260кВт.ч при расходе вдуваемого угля 25кг и кислорода 33 м³ на 1 т стали;
- 2) снижение уровня шума;
- 3) снижение фликкера на 50-60% по сравнению с одноэлектродной дуговой печью постоянного тока;
- 4) уменьшение пылевыведения;
- 5) высокая доля токового времени плавки.

ДСП постоянного тока Comelt (рис. 2.4) с несколькими электродами, пропущенными через периферийную часть свода, и с сочлененной со сводом шахтой, где происходит подогрев лома отходящими газами, разработана австрийской фирмой. Опытная печь постоянного тока с четырьмя графитовыми электродами диаметром 250мм и подовым анодом была сооружена на базе плазменной печи емкостью 50т на заводе Линце (Австрия). Дуги длиной 0,5-1,2 м горят по оси электродов, образуя в шихте полости длиной до 1,7 м. Лом поступает по транспортеру в верхнюю часть шахты со скоростью около 25т/мин. После выпуска металла в печь загружают 60-80% всей шихты вместе с известью и коксом. Печь оборудована тремя газокислородными горелками и тремя кислородными фурмами для дожигания СО. Каждая пара электродов питается через свой трансформатор мощностью 48 МВ.А. Максимальные значения силы тока и напряжения на дуге составляют соответственно 29 В. Печь тщательно герметизирована; отходящие газы проходят через слой шихты. Собираемую пыль можно возвращать в печь, вдувая с током азота через полый электрод. Плавку ведут под вспененным шлаком.

При емкости печи более 150 т продолжительность плавки должна быть менее 40 мин. При этом по сравнению с обычной дуговой печью общая экономия энергии составит около 100кВт *ч/т, расход электродов будет на 30% меньше, снизятся удельные капитальные расходы и затраты на ремонт. Конструкция печи обеспечивает полное улавливание выделяющихся газов при уменьшении их объема на 70%, снижение шумовыведения на 15-20дБ, уменьшение фликкера.

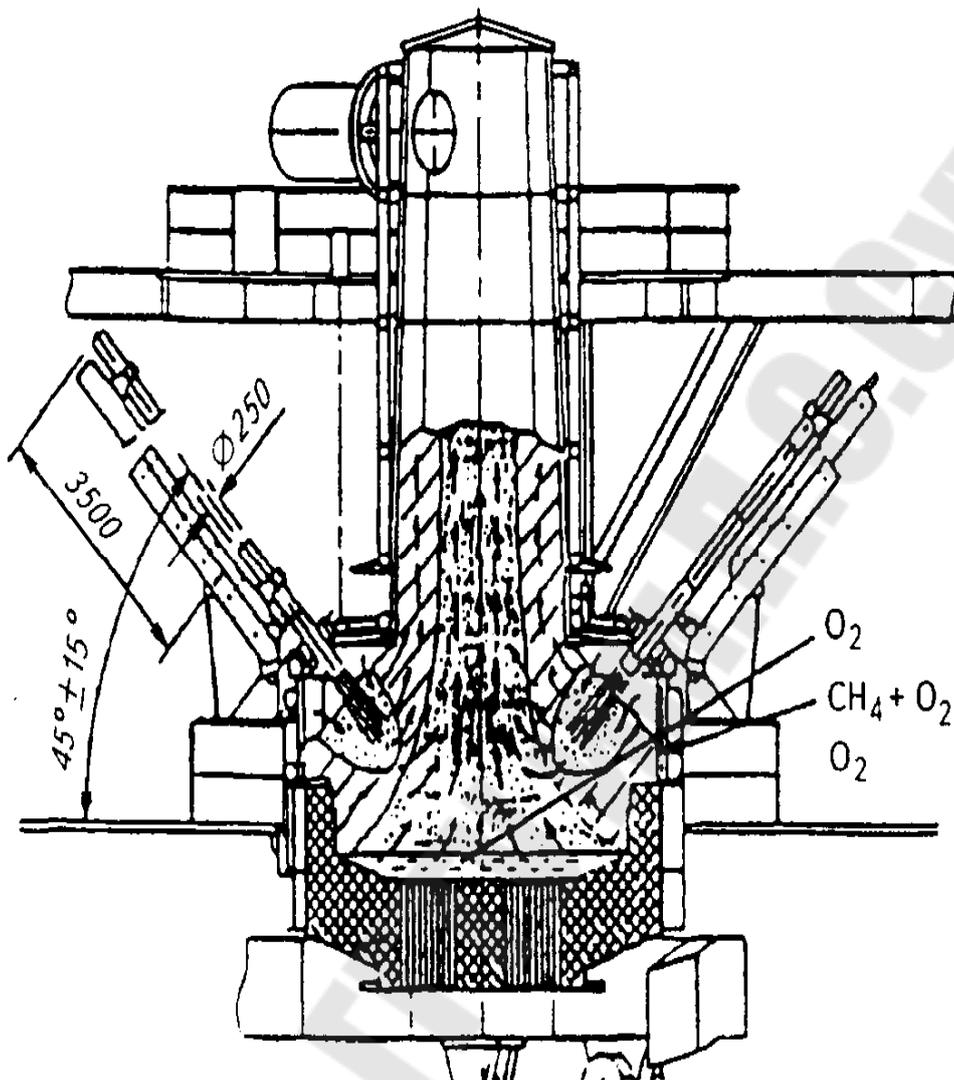


Рисунок 2.4 - ДСП постоянного тока Comel

ДПС Consteel постоянного тока с непрерывной загрузкой металлошихты (рис. 2.5), подогретой в тоннельной печи отходящими газами, впервые была введена в эксплуатацию в 1990г. на заводе в США. Емкость печи 74т, производительность 54т/ч при мощности трансформатора 24 МВ.А. За время работы процесс был значительно усовершенствован: исключены топливно-кислородные горелки для подогрева лома в тоннельной печи, изменена система охлаждения конвейера, расходуемые кислородные фурмы заменены на водоохлаждаемые, введен свод над загрузочной частью нагревательной печи. В результате в 1955г. средний удельный расход электроэнергии составил 389 кВт*ч/т, кислорода – 22м³/т (без использования природного

газа), электродов – 1,7 кг/т. При подогреве лома до 540 С получена экономия расхода электроэнергии 109 кВт*ч/т стальной заготовки.

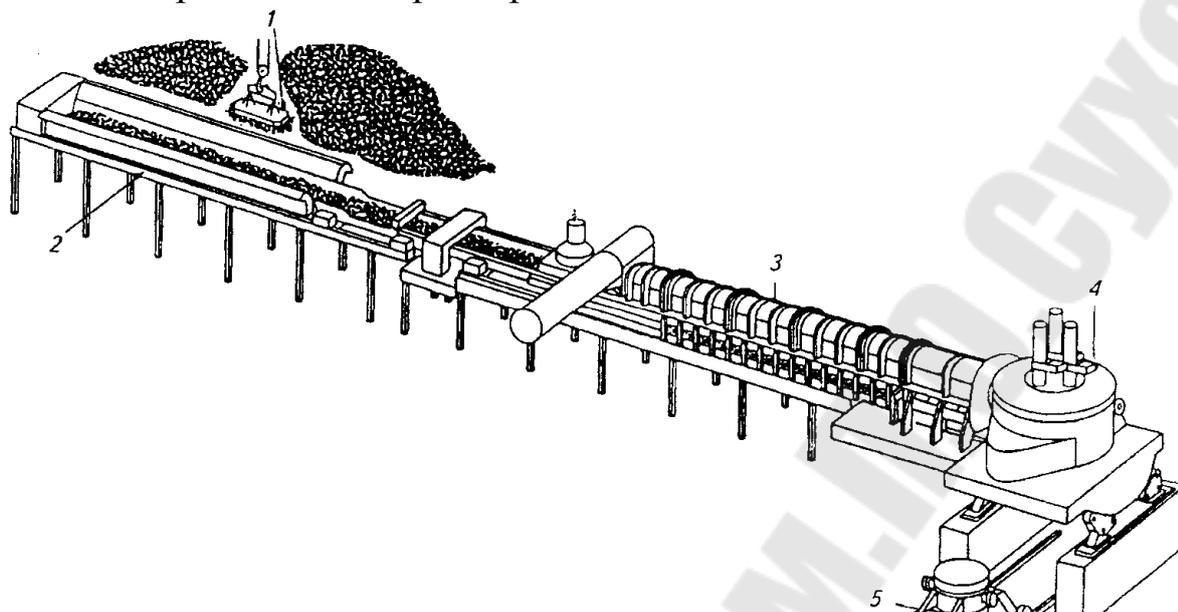


Рисунок 2.5 - ДСП Consteeel:

1-магнитный кран, 2-загрузочный конвейер, 3-подогреватель, 4-печь, 5-сталевоз

В начале 80-х годов в Германии разработан процесс (**Energy Optimizing Furnace**) (с оптимальным расходом энергии), названный процессом EOF (рис. 2.6). Шихту, подогреваемую за счет дожигания СО, выделяющегося из ванны дуговой печи при ее продувке кислородом, подают непрерывно в печь. Температура металлолома перед поступлением в печь составляет 500-600 С. Первый промышленный агрегат был введен на одном из заводов Бразилии. Емкость этого агрегата 30т, производительность-200 тыс. т стали в год, стойкость футеровки 500 плавов, расход жидкого топлива 8-9 кг, кокса 1,0 кг на 1 т стали, расход кислорода 60-78 м³/т, расход огнеупоров 6 кг/т стали.

Также для предварительного подогрева шихты используются индукционные печи специальной конструкции, которые размещаются непосредственно возле тигля плавильной печи. Такая организация производства пригодна при эксплуатации плавильных печей емкостью до 10 т. Для крупных печей рекомендуется соединить нагревательные и плавильные печи конвейерными устройствами. При предварительном подогреве шихты до 700С производительность плавильной печи должна возрасти на 50% по сравнению с холодной завалкой. Однако с учетом коэффициента полезного использования электроэнергии получаемый практически рост производительности плавиль-

ной индукционной печи будет несколько выше. Повышение производительности плавильных индукционных печей при том же выпуске уменьшает потребность в них, что приводит к снижению капитальных вложений на плавильные агрегаты, уменьшению эксплуатационных затрат. Это полностью окупает затраты на подогрев шихты и в целом приводит к снижению себестоимости выплавляемого металла.

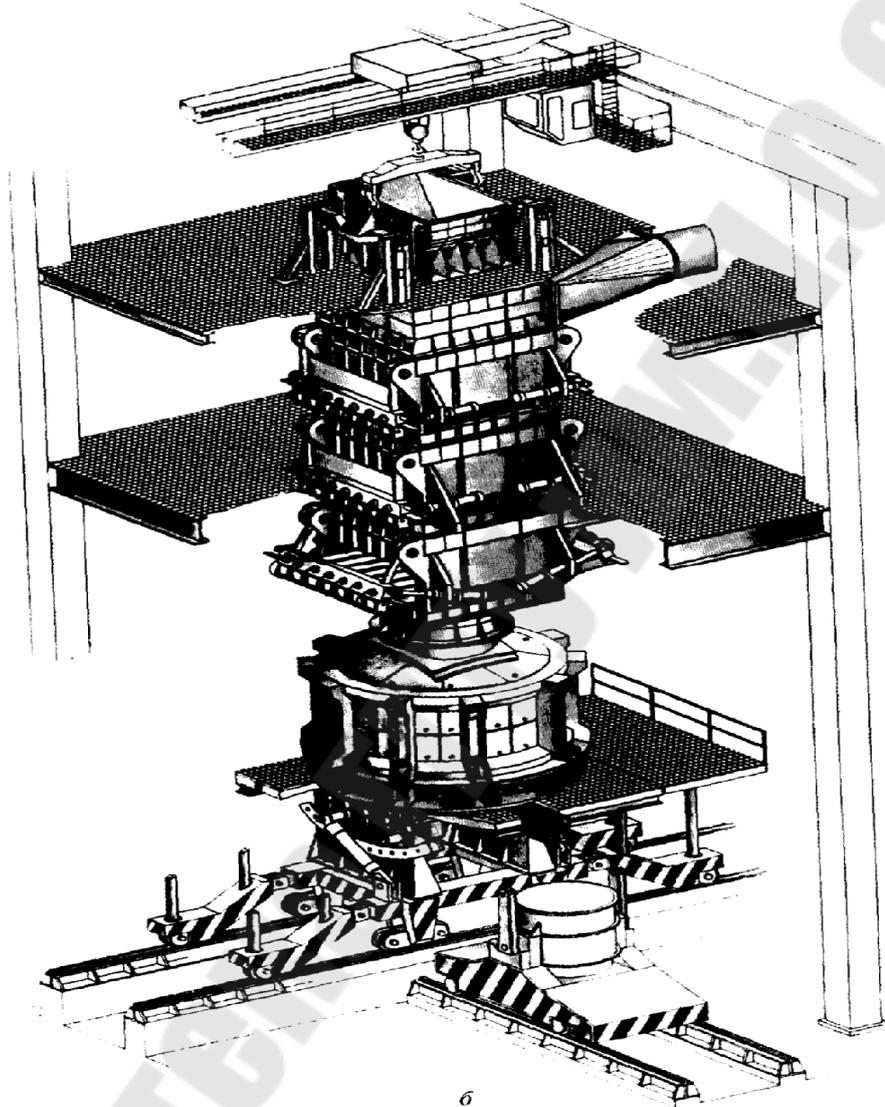


Рисунок 2.6 - Печь с оптимизированным расходом энергии- EOF

С целью снижения эксплуатационных затрат на электроэнергию рационально использовать для подогрева шихты природный газ или мазут.

В производстве находят применения различные устройства для газового подогрева шихты. Одно из них представляет собой корзину со створчатым дном, которая имеет крышку с газовой горелкой (рис. 2.7). Максимальная температура подогрева шихты в верхней части

корзины – 850С. Корзина проста по устройству, ее применение повышает производительность печи на 17-20%.

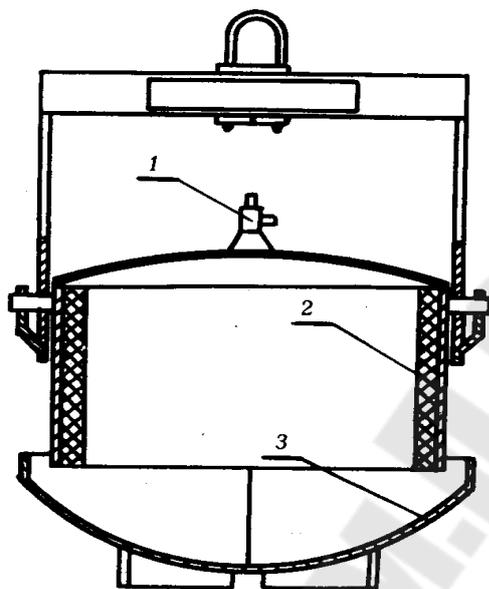


Рисунок 2.7 - Корзина для подогрева шихты природным газом
1-газовая горелка, 2-огнеупорная футеровка, 3-створчатое днище

В установке подогрева шихты, разработанной Институтом газа АН УССР (рис. 2.8), осуществляется нагрев шихты до 300⁰С. Нагрев производится в грейферной бадье (рис. 2.9) 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).

Установка термоподготовки шихты и дожигания выбросов модель 10278 (рис. 2.10). Предназначена для термоподготовки шихты и дожигания выбросов в литейных цехах перед плавкой в индукционных печах типа ИЧТ-10 и ИЧТ-6-10278.

Термоподготовка включает в себя: сушку шихты для удаления влаги и масел, подогрев до температуры 500-600 С, дожигание обра-

зовавшихся паров и других газов с целью исключения загрязнения ими окружающей среды, а так же для использования тепла от их дожигания на нагрев шихты.

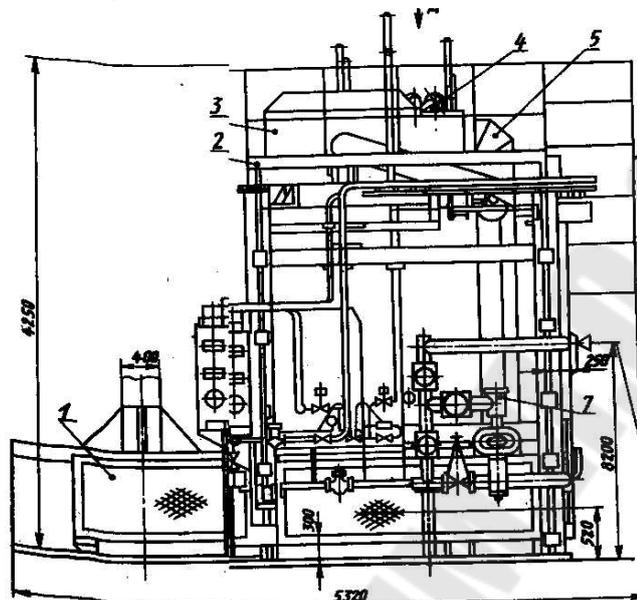


Рисунок 2.8 - Установка подогрева шихты, разработанная Институтом газа АН УССР:

1 – кожух отбора продуктов горения; 2 – площадка обслуживания; 3 – камера сжигания газа; 4 – газовая горелка; 5 – трубопровод подачи воздуха

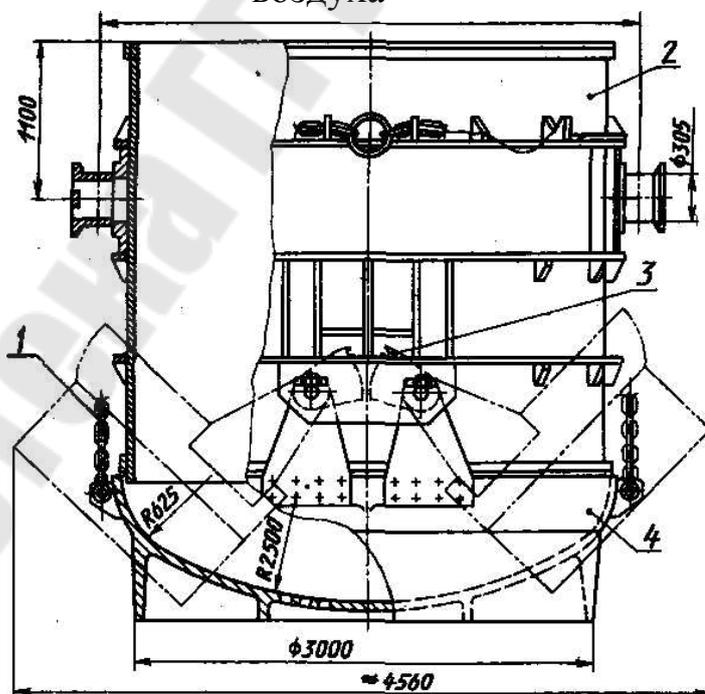


Рисунок - 2.9 - Грейферная бадья установки подогрева шихты, разработанной Институтом газа АН УССР:

1 – цепь, 2 – корпус, 3 – зубчатый сегмент, 4 – сектор

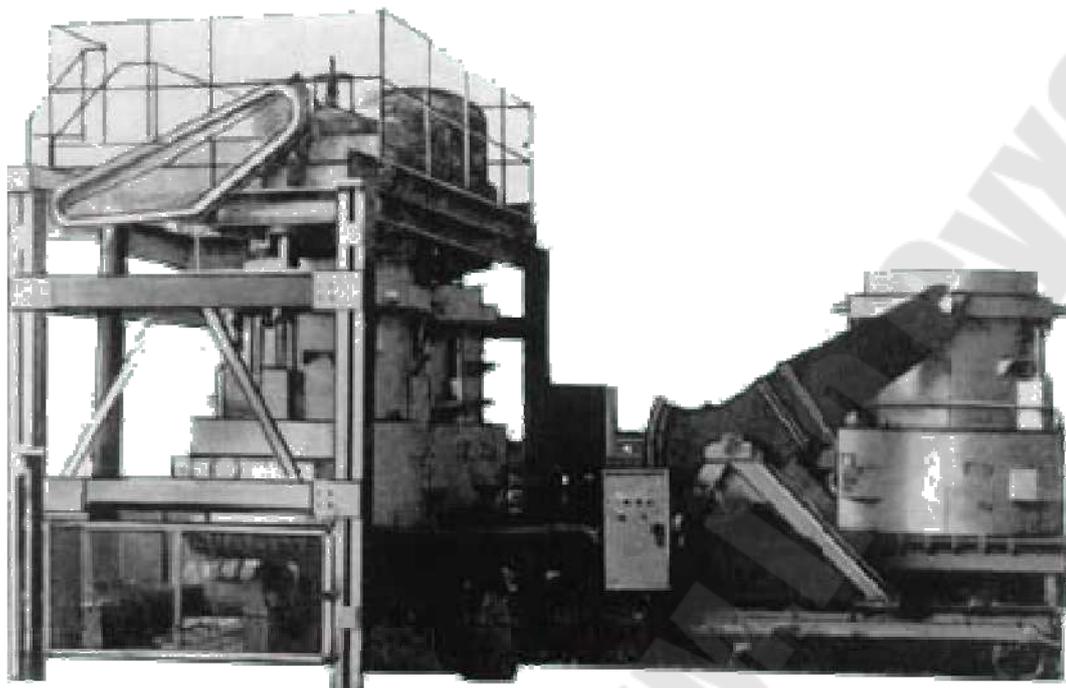


Рисунок 2.10 - Установка термopодготовки шихты и дожигания выбросов модель 10278

Таблица 2.1 Основные технические данные установки

Производительность, кг/час	6000
Ёмкость бадьи, кг	1500
Время подогрева шихты, мин	15
Потребляемая мощность, кВт	11
Расход газа, м ³ /час	100
Габаритные размеры, мм	
длина	3450
ширина	3000
высота	4100
Масса установки, кг	
без футеровки	
с футеровкой	21300

Двух- и одноступенчатая установки. В настоящее время УП “Технолит” совместно с кафедрой “МиТЛП” ГГТУ им. П.О. Сухого осуществляет разработку и привязку к существующему техпроцессу и действующему технологическому оборудованию, авторский надзор за изготовлением и вводом в эксплуатацию высокоэффективных установок подогрева шихты. Заказчику предлагается два типа установок:

двух и одноступенчатые (с верхним и нижним подводом газа) (рис. 2.11, 2.12). Производительность установок адаптируется под потребности заказчика и составляет от 3 до 20 тонн в час.

Для обеспечения равномерного подогрева по высоте бадьи и обезвреживания отходящих газов установки оборудуются узлом дожигания, системой аспирации и очистки, системой КИП и А. Наиболее эффективной с точки зрения расхода газа (13-15 м³ на 1 тонну шихты с учетом расхода природного газа на работу узла дожигания) является двухступенчатая установка с аспирацией отходящих газов от плавильной печи и двумя стадиями (ступенями) подогрева:

1 стадия – предварительный нагрев горячими газами, прошедшими через слой шихты ($T_n=100-150^{\circ}\text{C}$),

2 стадия – окончательный нагрев до температуры 600-650 °С.

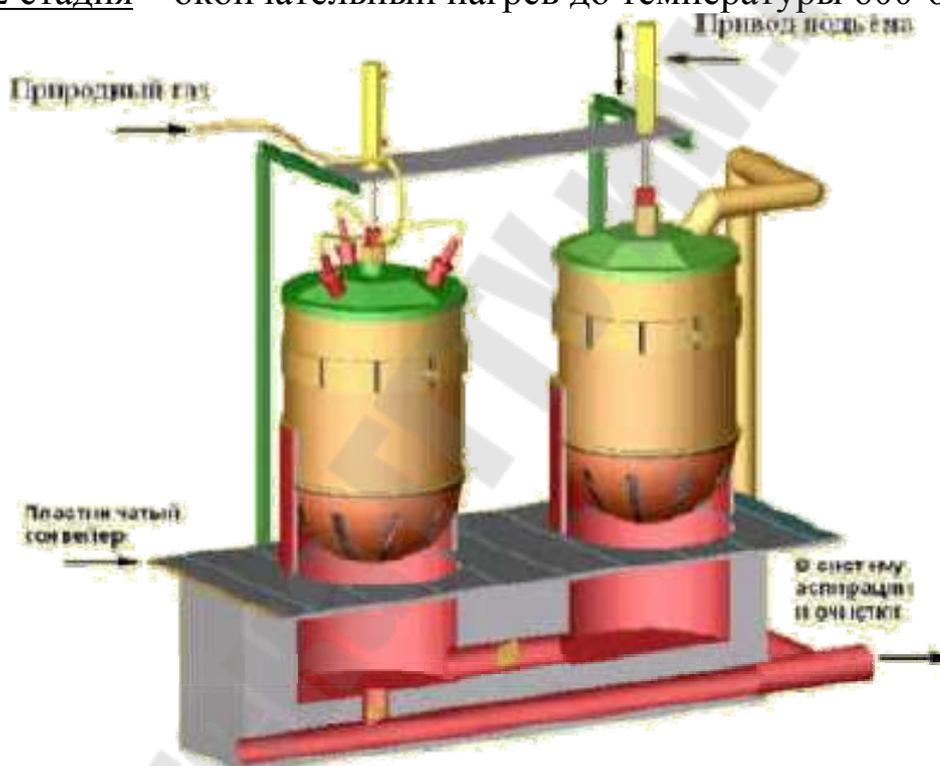


Рисунок 2.11 - Двухступенчатая установка

Наиболее простой, с точки зрения эксплуатации, и дешевой, с точки зрения капитальных затрат, является одноступенчатая установка подогрева шихты с верхним подводом горячих газов. Такая установка имеет КПД (60-65 %) , температуру подогрева шихты 500 °С, средний расход газа 15-17 м³ на 1 тонну шихты (с учетом узла дожигания), стоимость около 10-12тыс.\$ (что в 1,5 раза дешевле двухступенчатой установки). Окупаемость предлагаемых установок со-

ставляет 5-6 месяцев, а расчетный экономический эффект только от снижения затрат на энергоносители около 60-70 тысяч \$ в год при годовой программе выпуска на уровне 10000 тонн отливок.



Рисунок 2.12 - Одноступенчатая установка

Современное литейное производство, как и машиностроение в целом характеризуется интенсификацией технологических процессов гибкостью производства развитие низкоэнергоемких и наукоемких технологий. Применительно к плавильным термическим печам, сушилам и т.п. агрегатам, используемым в литейных цехах РБ, это направление технического прогресса особенно актуально, т.к. на долю этих высокотемпературных агрегатов приходится до 60 - 80% используемых в литье энергоресурсов. Если на 1т жидкого чугуна с учетом необходимых затрат при плавке необходимо около 500 кВт ч электроэнергии или эквивалентное количество топлива, то в настоящее время расходуется от 750 до 1200 кВт·ч.

Интенсификация процессов плавки и нагрева материалов предполагает с одной стороны повышение удельной производительности агрегата, что актуально прежде всего для печей периодического действия, с другой – снижение энергопотребления и повышение термического К.П.Д., т.е. улучшение энергоиспользования. Оценка методов интенсификации, как технологических, так и конструктивных, может

производится по комплексу показателей, включая качество продукции (состав, температура, чистота жидкого металла и т.п.), по наиболее объективным являются экономическая эффективность и адаптируемость к действующему производству.

Одним из направлений снижения расхода энергии и повышения производительности электропечей является подогрев металла перед плавкой или в процессе плавки за счет теплоты топлива или вторичных источников энергии. Применяемые для этой цели методы можно разделить на группы:

- использование топливно-кислородных горелок (ТКГ) для подогрева шихты непосредственно в печи;
- предварительный подогрев шихты вне печи за счет использования теплоты топлива;
- то же, за счет теплоты отходящих из электропечей газов.

Применение первых двух методов с точки зрения экономии первичных энергоресурсов оправдано только в случае, если коэффициент использования теплоты топлива $> 0,255$ для дуговых и $> 0,2$ для индукционных печей.

Использование ТКГ для нагрева шихты и интенсификации процесса плавления в дуговых печах нашло широкое применение. Исследованы различные варианты установки ТКГ: в завалочном окне – переносные, в своде – стационарные, выдвижные и выдвижные с поворотом вокруг оси, в стенах печи – стационарные и выдвижные. Наилучшие результаты получены при установке ТКГ в стенах печи тангенциально образующей ванны с наклоном $15...20^\circ$ к зеркалу металла в области холодных пятен между электродами. Для безопасности эксплуатации перед началом и после окончания работы горелку нужно продувать азотом, а при пуске применять ступенчатую подачу топлива и кислорода. Обязательно наличие автоматических дистанционных запальных устройств, индикаторов контроля пламени и приборов обеспечения безопасности при перебоях в подаче топлива или окислителя. Управление режимом работы ТКГ с помощью микрокомпьютера позволяет обеспечить оптимальные условия работы и получить наилучшие результаты.

Экономичность работы ТКГ определяется температурой отходящих газов, так как другие потери теплоты практически неизменны. С учетом работы ТЭС и передающих сетей коэффициент замены электроэнергии топливом составил $1,07...2,83$. Следовательно, применение ТКГ позволяет экономить до 183 % первичной энергии.

Повышение мощности ТКГ сопровождается ростом КПД, но до момента, определяемого пропускной способностью систем отсоса и очистки газов. Целесообразное время работы ТКГ определяется уровнем температуры подогрева металла и отходящих газов. При расходе природного газа $> 13 \text{ м}^3/\text{т}$ нагрев становится энергетически невыгодным хотя экономическая эффективность сохраняется до уровня $25...30 \text{ м}^3/\text{т}$.

ТКГ в индукционных печах могут применяться только в начале плавления, когда шихта мало нагрета. Более эффективны скоростные ТКГ с большой скоростью факела, так как в этом случае теплопередача конвекцией эффективнее излучения.

Эффективен подогрев шихты вне печи за счёт сжигания дополнительного топлива. При подогреве шихты до температур $500...600^\circ\text{C}$ в теплоизолированных загрузочных бадьях. Такие установки занимают мало места и относительно легко размещаются в действующих цехах. При правильной организации процесса их $\eta > 50 \%$, т. е. они энергетически выгодны как для дуговых, так и для индукционных печей. При нагреве загрязненного органикой лома возникает проблема обезвреживания образующихся газов, что возможно только путем дожигания газов при температуре $> 900^\circ\text{C}$. Для этого на 1000 м^3 обезвреживаемых газов необходимо израсходовать $\sim 30 \text{ м}^3$ природного газа или другого топлива, что составляет $\sim 20 \text{ м}^3/\text{т}$ шихты. Если теплоту дожигания не использовать, то η резко падает. Может использоваться двухстадийный нагрев шихты предварительная сушка и удаление масел на первой стадии и дожигание образовавшихся газов с последующим использованием теплоты на догрев лома на второй стадии. Рециркуляция отходящих после второй стадии газов для предварительной сушки шихты позволяет дополнительно повысить η на $11—12 \%$. Применение двухстадийного процесса, кроме сбережения теплоты, позволяет обойтись без строительства за печами систем очистки газов от пыли и других вредностей, ограничившись обычными системами вентиляции.

Предварительный подогрев шихты перед плавлением в индукционных печах позволяет либо увеличить производительность печи при постоянной электрической мощности, либо уменьшить удельный расход электроэнергии при неизменной производительности агрегата. Во всех случаях эффект, достигаемый за счет предварительного подогрева шихты, очевиден и приводит к снижению себестоимости 1 т жидкого металла. Наиболее рационально предварительный подогрев

шихты перед плавлением производить в печах отапливаемых природным газом.

Поскольку подогрев шихты приводит к увеличению производительности индукционных плавильных печей, то это имеет существенное значение для литейных цехов, оборудованных индукционными плавильными печами небольшой и средней емкости, для которых первоначальные капитальные затраты очень высокие и окупаются в течение продолжительного времени. Увеличение производительности индукционных печей путем предварительного подогрева шихты позволяет снизить такой важный показатель, как расход огнеупоров и расход охлаждающей воды на тонну жидкого металла. Наконец, стружка, поступающая для расплавления в индукционных печах, содержит определенное количество влаги и масел, которые приводят к ряду нежелательных явлений. Наличие влаги и масел вызывает вспучивание и выбросы стружки из печи при нагреве, а также способствует насыщению жидкого металла водородом, ухудшающим качество готовых отливок. Следовательно, предварительный подогрев шихты позволяет не только улучшить эксплуатационные показатели индукционных печей, но также улучшает качество расплавленного металла.

Техническая характеристика, описание работы.

Технические данные установки подогрева шихты:

1. Назначение - предварительный подогрев шихты для последующей загрузки в плавильную печь.

2. Тип - стационарная установка с отводной крышкой, бадьей со вставкой и обдуваемым зазором между наружным корпусом и вставкой

3. Грузоподъемность бадьи, т	5,0
4. Производительность, тонн/ч	10
5. Потребление природного газа, м ³ /ч	180
6. Полезный ход пневмоцилиндра, мм (полный ход 700 мм)	640
из них: вертикальный ход подъема, мм	200
отвод крышки и ее фиксация, мм	440
7. Угол поворота крышки, град.	70
8. Минимальное потребное давление в пневмосети, МПа	0,3
9. Вентилятор обдува: модель ВР-300-45-3,15К1Ж	
двигатель АИР100L6 мощностью, кВт	2,2
частота вращения рабочего колеса, об/мин	930
производительность, тыс. м ³ /час	3,5-7,3
полное давление, Па	550-630

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.

Устройство установки подогрева шихты:

Разработанная установка подогрева шихты (рис. 2.13) представляет собой термический агрегат и состоит из следующих основных узлов:

- корпус (поз. 1), на который устанавливается корзина с шихтой (поз. 9);
- траверса поворотная;
- свод (поз. 2);
- три горелки инжекционные с номинальным расходом $90 \text{ м}^3/\text{ч}$ природного газа;
- электрозапальник с расходом газа ($1 - 2 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- переносной запальник;
- система КИП, включающая: щит управления и контроля, приборы и датчики, установленные по месту.

Угол поворота траверсы составляет 45^0 . 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.

Принцип работы:

Установка работает следующим образом: на корпус установки (поз.1) с помощью мостового крана устанавливается корзина с шихтой (поз.9). Включается система КИПиА. Производится проверка и подготовка к работе газового оборудования. 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 падении разряжения под корзиной система КИПиА отключит автоматически весь газ, срабатывает световая и звуковая сигнализация. При открывании свода во время работы установки система КИПиА отключит автоматически весь газ, срабатывает световая и звуковая сигнализация. При отсутствии этих ситуаций, после подогрева, крышка открывается и корзина с шихтой краном увозится на загрузку в печь.

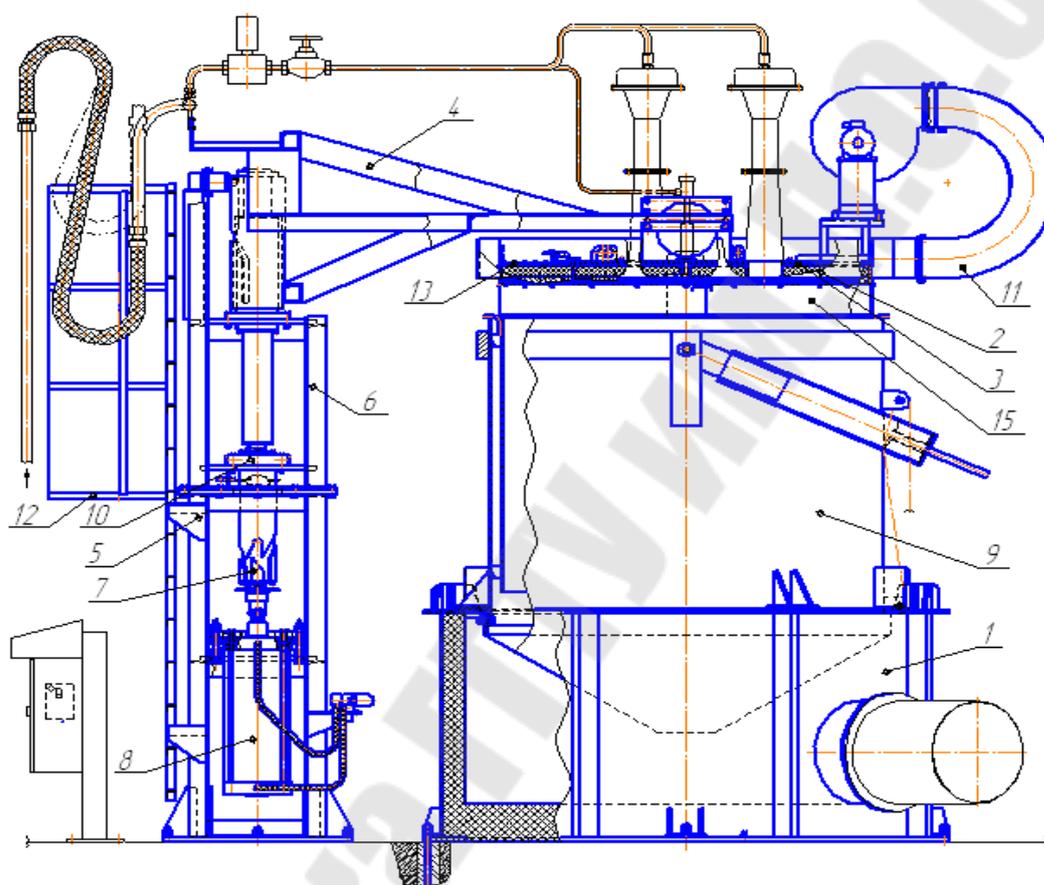


Рисунок. 2.13 - Эскиз установки подогрева шихты

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 необходимо-

стью 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. 2.14 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 ВС и AD также равны нулю; по этим граням действуют лишь нормальные напряжения σ_m (меридиальные напряжения). Радиусы кривизны этого элемен-

та равны $\rho_0 = \frac{D}{2}$ и $\rho_m = \infty$.

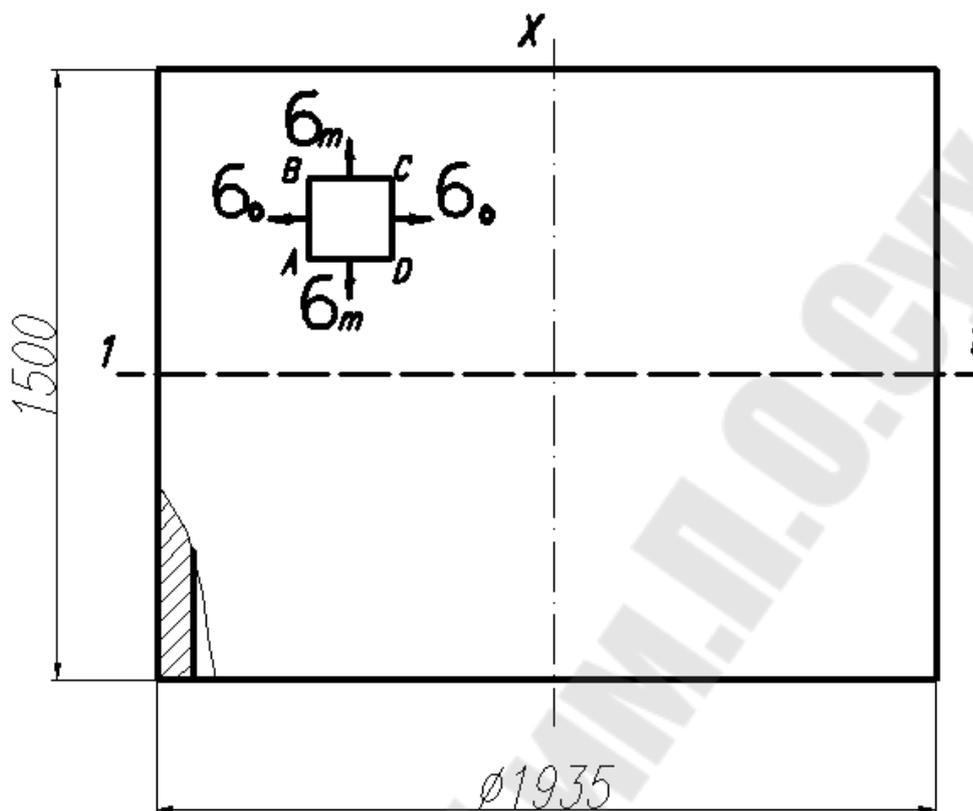


Рисунок 2.14 - Эскиз корпуса бадьи

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

$$\frac{\sigma_0}{\rho_0} + \frac{\sigma_m}{\rho_m} = \frac{\rho}{\delta} \quad (2.1)$$

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):

$$\frac{\sigma_0}{\frac{D}{2}} + \frac{\sigma_m}{\infty} = \frac{\rho}{\delta} \quad (2.2)$$

откуда

$$\sigma_0 = \frac{\rho \cdot D}{2 \cdot \delta} \quad (2.3)$$

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:

$$\sum x = \frac{\rho \cdot \pi \cdot D^2}{4} - \sigma_m \cdot \delta \cdot \pi \cdot D = 0 \quad (2.4)$$

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 :

$$\sigma_m = \frac{\rho \cdot D}{4 \cdot \delta} \quad (2.5)$$

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

$$\sigma_1 = \sigma_0 = \frac{\rho \cdot D}{2 \cdot \delta}; \quad \sigma_2 = \sigma_m = \frac{\rho \cdot D}{4 \cdot \delta}; \quad \sigma_3 = 0 \quad (2.6)$$

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

$$\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma] \quad (2.7)$$

или

$$\frac{\rho \cdot D}{2 \cdot \delta} \leq [\sigma] \quad (2.8)$$

откуда

$$\delta > \frac{\rho \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \quad (2.9)$$

При исходных данных $D = 1935$ мм, $p = 3$ МПа, $[\sigma] = 370$ МПа (для Ст3, [4], с.526), производим расчёт по формуле (2.9):

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

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

Расчёт допускаемого 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. 2.15), в котором возникают наибольшие изгибающий момент и продольная сила ($N = P$).

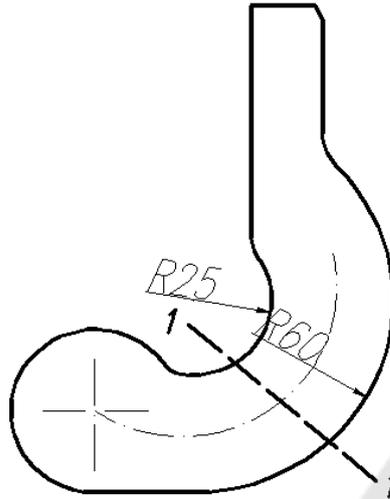


Рисунок 2.15 - Эскиз крюка

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

$$r_0 = \frac{h}{\ln \frac{r_H}{r_B}} \quad (2.10)$$

где h – высота поперечного сечения, $h = 33 \text{ мм}$;

r_H, r_B – наружный и внутренний радиусы волокон крюка соответственно, $r_H = 60 \text{ мм}$, $r_B = 25 \text{ мм}$.

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

Расстояние от центра тяжести сечения до нейтральной оси:

$$c = r - r_0 \quad (2.11)$$

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_H – у наружного края сечения, σ_B – у внутреннего края и σ_0 – на расстоянии r_0 от центра кривизны:

$$\sigma_H = \frac{P}{b \cdot h} - \frac{2 \cdot P \cdot r}{b \cdot h \cdot c} \cdot \frac{r_H - r_0}{r_H} \quad (2.12)$$

где b – ширина поперечного сечения, $b = 20 \text{ мм}$;

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

$$\sigma_B = \frac{P}{b \cdot h} - \frac{2 \cdot P \cdot r}{b \cdot h \cdot c} \cdot \frac{r_g - r_0}{r_g} \quad (2.13)$$

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

$$\sigma_0 = \frac{P}{b \cdot h} = \frac{P}{0,02 \cdot 0,036} = 1388,89 \cdot P \text{ (Па)}, \quad (2.14)$$

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.

$$\sigma_g = 15171,44 \cdot [P] = [\sigma] = 500 \text{ МПа}, \quad (2.15)$$

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. 2.16) является элементом замка для открывания загрузочной корзины (бадьи) и удерживает крюк, за который крепятся цепи корзины. Для прямоугольного поперечного сечения определяем пластический момент сопротивления ([5], с.461) :

$$W_{пл} = \frac{b \cdot h^2}{4}, \quad (2.16)$$

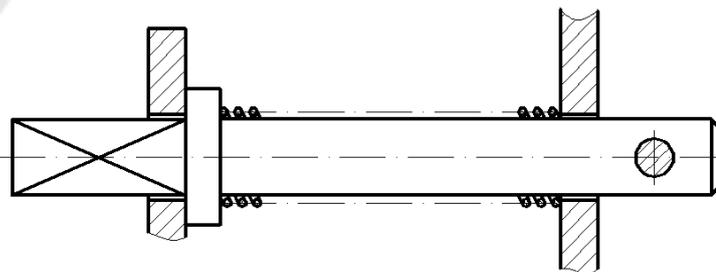


Рисунок 2.16 - Эскиз штанги

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):

$$n = \frac{\sigma_m \cdot W_{nl}}{M_{\max}} \geq [n], \quad (2.17)$$

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. 2.17).

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

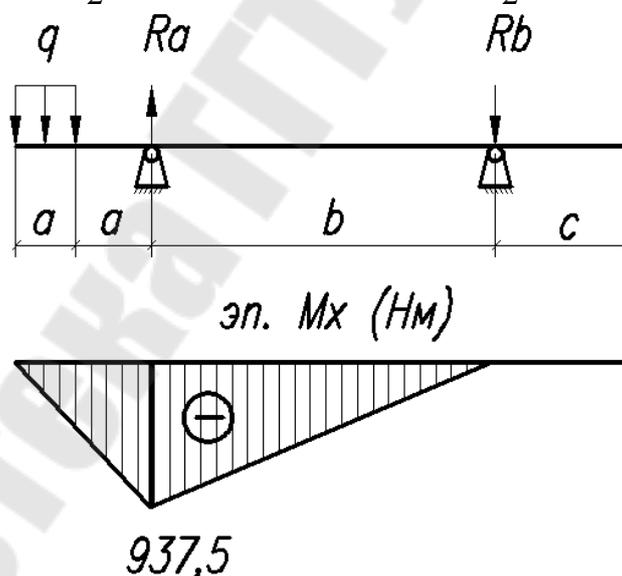


Рисунок 2.17 - Эпюра изгибающих моментов для штанги

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.

Расчет узла «Консоль крышки». Расчет данного узла проведем при помощи программы SolidWorks 2008. Расчет заключается:

1. Создании 3D модели узла «Консоль крышки» (рис. 2.18);
2. Создание сетки, то есть разбиение 3D модели на мелкие элементы. Этот способ называется: «Метод конечных элементов» (рис. 2.19)
3. Задаем направление и величину нагрузки (силы), указываем неподвижную плоскость (рис. 2.20).
4. Проводим расчет.
5. Анализ результатов: (рис. 2.21, 2.22, 2.23).

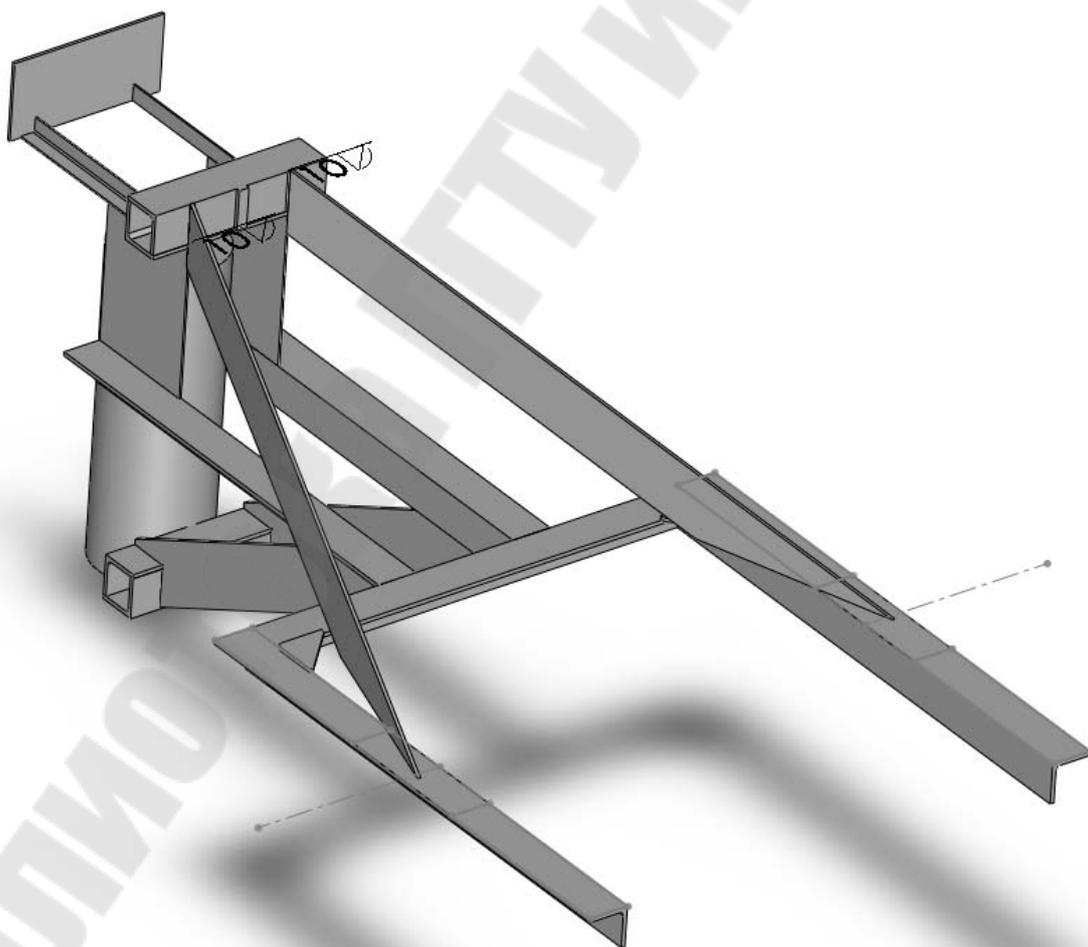


Рисунок 2.18 – Модель узла «Консоль крышки»



Рисунок 2.19 – Сетка

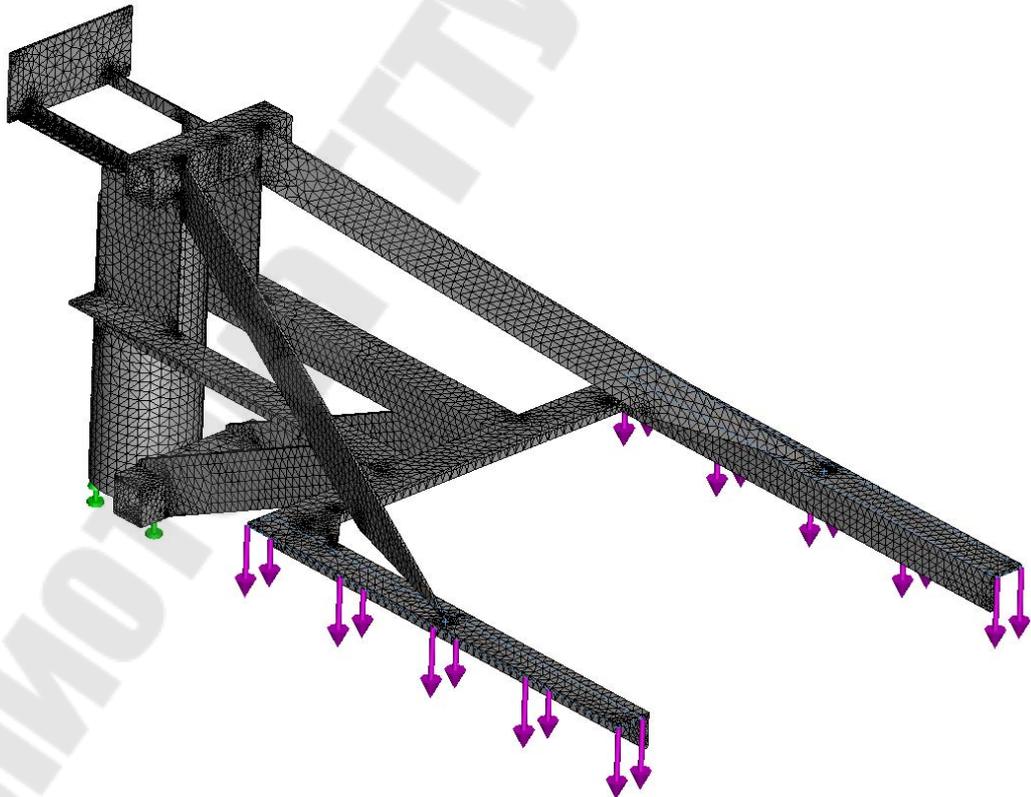


Рисунок 2.20 – Нагрузка и ограничение
Красная - нагрузка; зеленая – ограничение

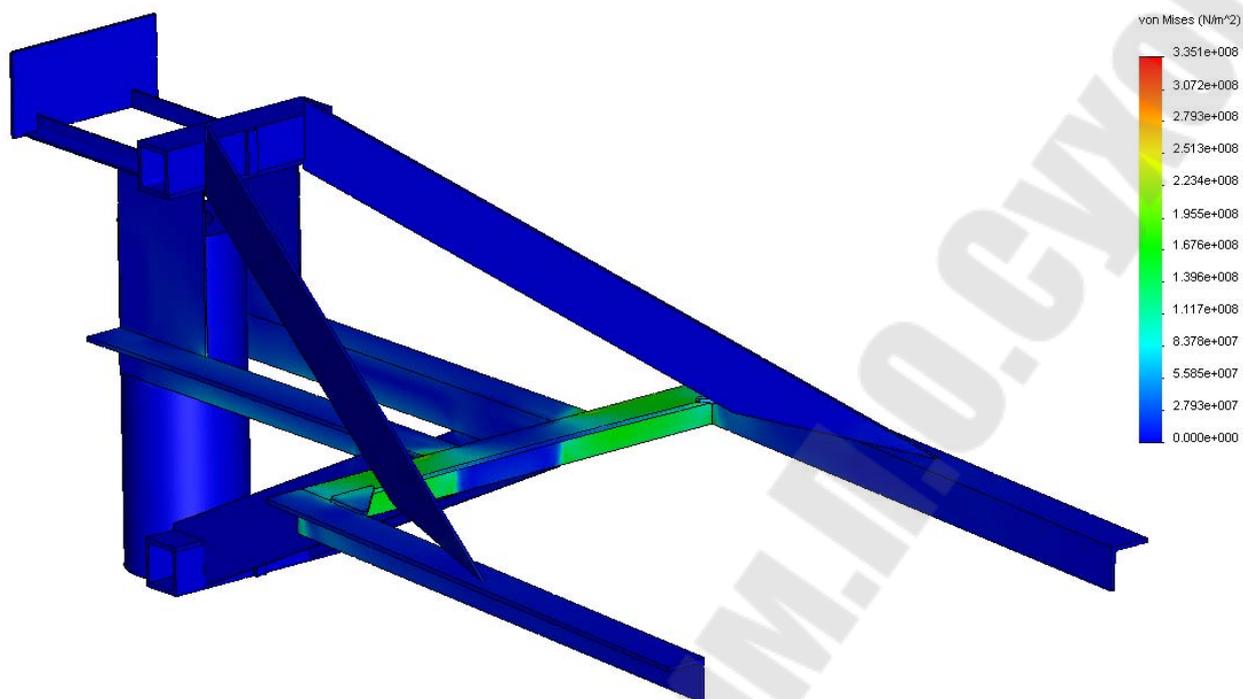


Рисунок 2.21 – Возникающие напряжения

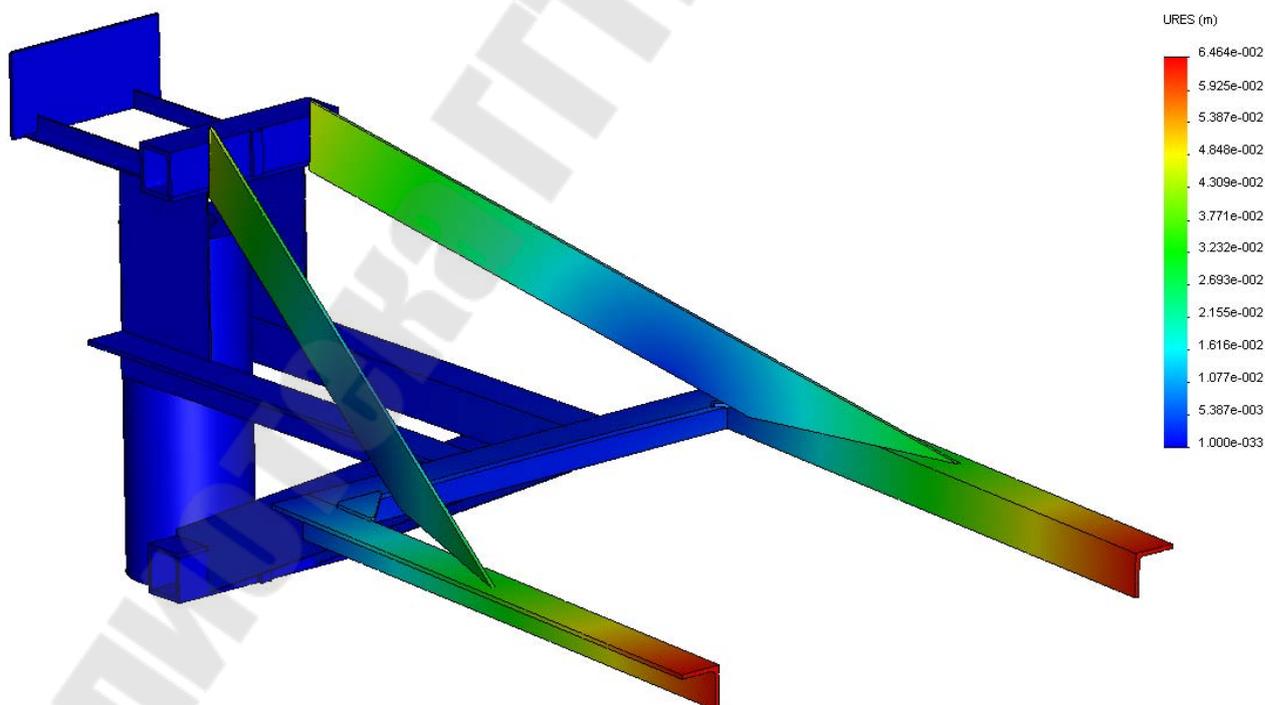


Рисунок 2.22 – Перемещения

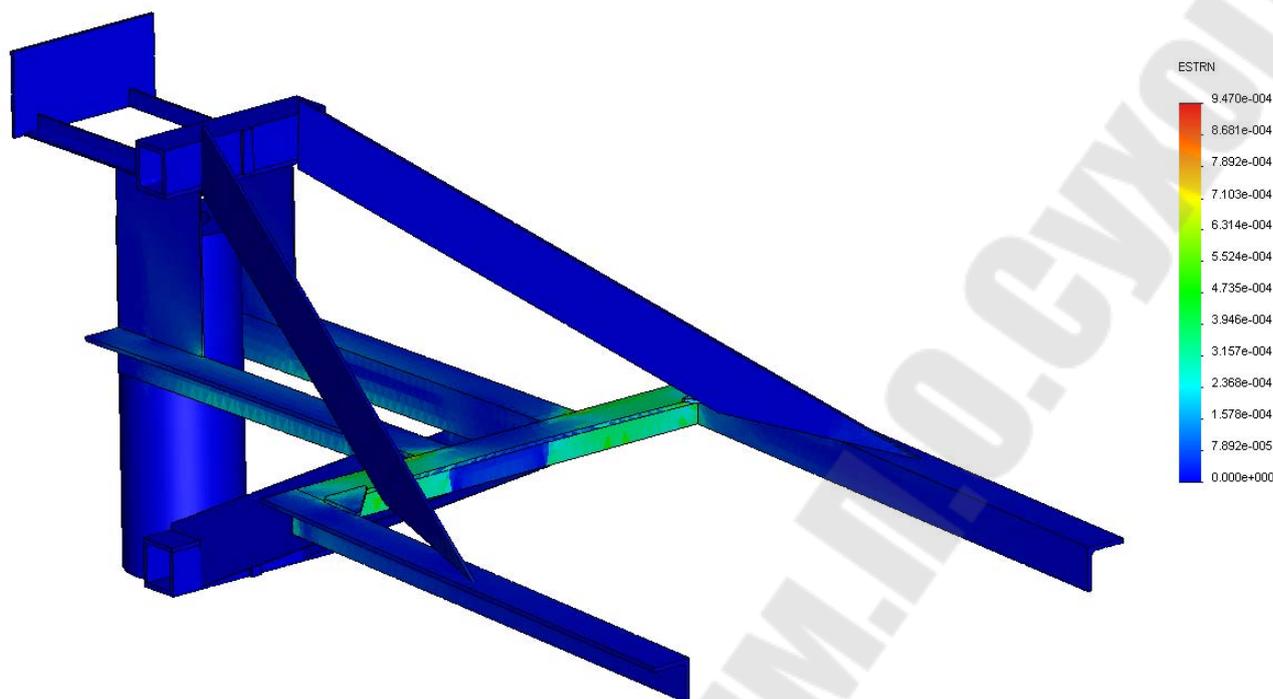


Рисунок 2.23 – Деформации

Исходя из проведенного расчета видим, что узел «Консоль балки» полностью выполняет необходимые функции. Так как напряжения небольшие, то и деформации тоже невелики.

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 KM9, отключается сирена.

Нажимаем кнопку SB9 (ДЫМОСОС ВКЛЮЧИТЬ), включается контактор KM3 дымососа, при этом на табло загорается лампа HLR7 (ДЫМОСОС ВКЛЮЧЕН). Поток воздуха в дымоходе включается датчик S1 (контроль тяги). Замкнувшимся контактом KM3 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 KM4, включается реле времени P1, включается устройство электророзжига КВИ-10/30. Включается KM5, 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 KM4. Гаснет сигнальная лампа HLR4 (НЕТ ФАКЕЛА).

В том случае, если в течение контрольного времени (~ 7 секунд) розжиг запальника не произошел, сработает реле времени P1, отключается KM5 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 Д3 (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 конечным 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°C потенциометр подает сигнал на отключение горелок и, путем закрытия электромагнитных клапанов;

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

✓ при пониженном разряжении или аварийном отключении работающего дымососа сработает датчик контроля тяги, отключатся газовые клапаны на горелках и запальнике, прекратится подача газа на запальник и горелки, сработает 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 подсасываемым 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 относительной 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 разрежение, 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.

Вопросы формирования свойств формовочных и стержневых смесей в процессе смесеприготовления (соединения и перемешивания компонентов), несмотря на большое многообразие смесителей, по-прежнему остаются одной из наименее исследованных и плохо изученных областей технологии литейного производства. Как

правило, оценка того или иного смесеприготовительного агрегата ограничивается определением интенсивности (времени) и равномерности распределения компонентов в приготавливаемом объеме и сравнительной оценкой удельных энергозатрат, необходимых для получения однородной массы смеси.

В то же время в формировании свойств смеси огромную роль играет не только соотношение компонентов и их равномерное распределение в объеме смеси, но и их взаимодействие между собой: площадь, количество и сила контактных взаимосвязей. При этом решающее значение в формировании физико-механических свойств смеси имеет взаимодействие наполнителя и связующей композиции силы: адгезии и условия смачивания на поверхности раздела фаз, силы когезии и поверхностное натяжение в среде связующего.

Кроме того, при оценке и выборе смесеприготовительного оборудования существенное значение имеет анализ воздействия, которое оказывает смеситель на отдельные компоненты входящие в состав смеси: измельчение и разрушение частиц наполнителя диспергирование и активизация связующего и других компонентов смеси и т.д. Классификация разновидностей смесителей представлена на рис.3.1.

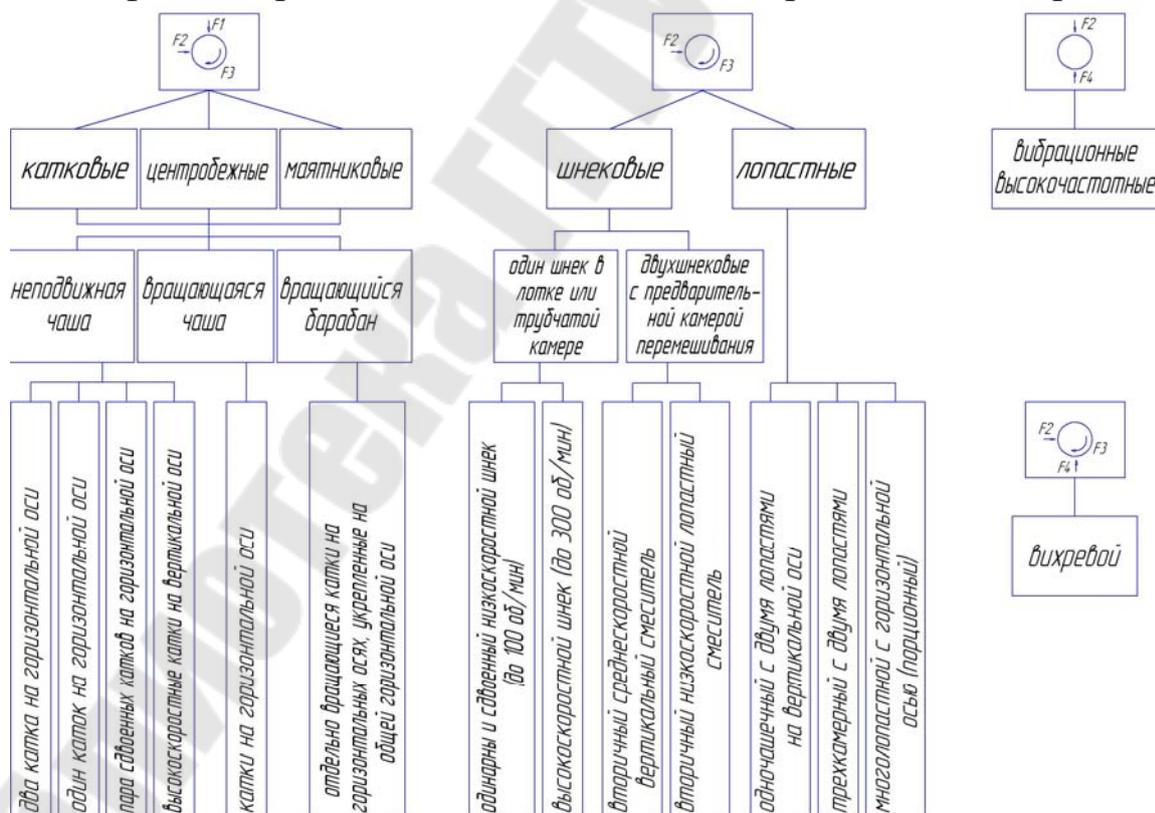


Рисунок 3.1 - Классификация смесителей по типу воздействия на частицы наполнителя

Рассмотрим несколько разновидностей смесителей.

Маятниковый смеситель. Бегуны с горизонтальными катками – маятниковые смесители (рис. 3.2) имеют резиновую облицовку чаши и резиновые ободы катков. Это позволяет повысить частоту вращения катков и перемешивать смесь в 3 – 5 раз быстрее по сравнению с катковыми бегунами. В бегунах с горизонтальными катками смесь перемешивается не на дне, а на стенках чаши(1). Ротор вращается в нижней части неподвижной цилиндрической чаши вместе с вертикальным валом, получающим вращение от привода. На роторе на маятниках-кривошипах смонтированы два катка(2), расположенные в горизонтальных плоскостях на разных уровнях. При вращении ротора катки под действием центробежных сил отклоняются на своих маятниках-кривошипах к резиновой облицовке внутренней поверхности чаши.

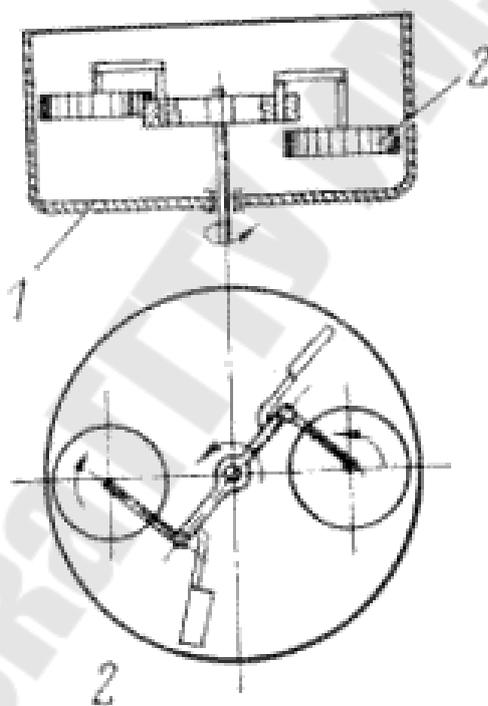


Рисунок 3.2 - Маятниковый смеситель

Компоненты смеси, загружаемые сверху, отбрасываются с ротора центробежной силой в кольцевое пространство между ротором и бортом чаши. Затем смесь подгребается плужками, укрепленными на роторе и подбрасывается ими опять на резиновую облицовку чаши под вращающиеся катки. Возникающие при этом центробежные силы прижимают смесь к облицовке так, что отдельные элементарные слои смеси перемещаются относительно друг друга, вызывая перетирание частиц смеси. Набегающие на эту смесь катки дополнительно

прижимают ее к облицовке, обеспечивая равномерное распределение по объему смеси. В результате того, что ободы катков и рабочая поверхность чаши облицованы эластичной резиной, раздавливающее действие этих катков слабее, чем катков, перекатывающихся по днищу чаши. Поэтому маятниковые смесители не применяют при изготовлении смесей для сухих форм, основным компонентом которых является обратная смесь с большим количеством мелких комков.

Катковый смеситель периодического действия. Катковые смесители (бегуны) имеют неподвижную чашу 1 (рис. 3.3) и два гладких катка 2 (посаженных на оси 4), которые катятся по слою смешиваемого материала вокруг центрального вертикального вала 3. С помощью плужков 5 и 6 смешиваемый материал направляется под катки. Катки смонтированы на кривошипах таким образом, что при попадании под них случайных твердых предметов могут приподниматься и пропускать последние. Между катками и дном чаши имеется регулируемый зазор (до 25 мм), который предотвращает дробление катками песчаных зерен смеси. Готовый замес выгружается из смесителя через окно 7 в днище чаши. Загрузка исходных материалов и выгрузка смеси осуществляются периодически.

В зарубежной практике распространены катковые смесители с резиновыми катками с пневматической камерой.

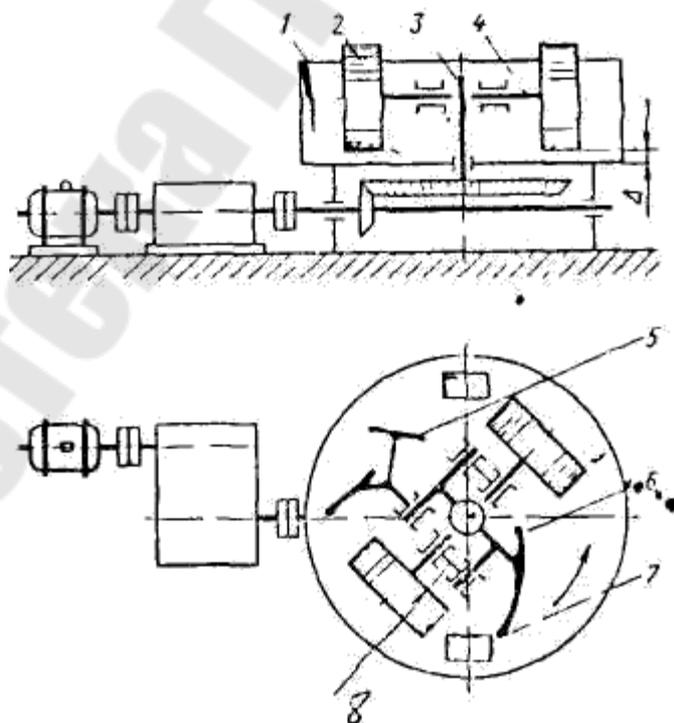


Рисунок 3.3- Схема смесителей с вертикальными катками

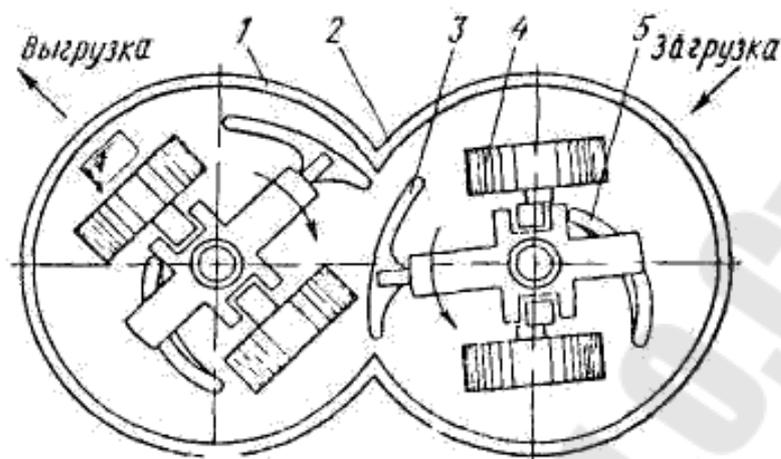


Рисунок 3.4 - Схема каткового смесителя непрерывного действия

Днище и борта чаши также облицовывают резиновыми пластинами. Такое исполнение дает хорошее смешивание в результате большого коэффициента трения резины и высокую производительность. Срок службы таких катков и чаши больше, чем катков в обычном металлическом исполнении.

Смесители непрерывного действия (рис. 3.4) состоят из двух смежных чаш 1 и 2, имеющих общую полость в месте сопряжения. Механизмы смешивания в чашах синхронно вращаются в противоположные стороны, перемешивая материалы и передавая их из одной чаши в другую. Составляющие смесь материалы непрерывно загружают в правую чашу, где они подхватываются вращающимися плужками 3 и перемещаются к каткам 4 и далее плужками 5 подаются к боковой поверхности чаши. Под действием центробежных сил в месте сопряжения обеих чаш смесь переносится в левую чашу смесителя, а затем возвращается в правую и т.д. Однако из левой чаши в правую смесь возвращается в несколько меньшем количестве. Количество смеси, поступившей и не возвращенной за каждый оборот смешивающего механизма, поступает через постоянно открытый люк в днище чаши. Благодаря непрерывной загрузке и выгрузке, высокой производительности, высокому качеству получаемой смеси, а также компактности эти смесители широко применяют в автоматических линиях массового производства для приготовления единой формочной смеси.

Лопастные смесители. Лопастной смеситель рис. 3.5 представляет корытообразный корпус 3, внутри которого вращаются два горизонтальных вала 1 с насаженными на них лопастями 2.

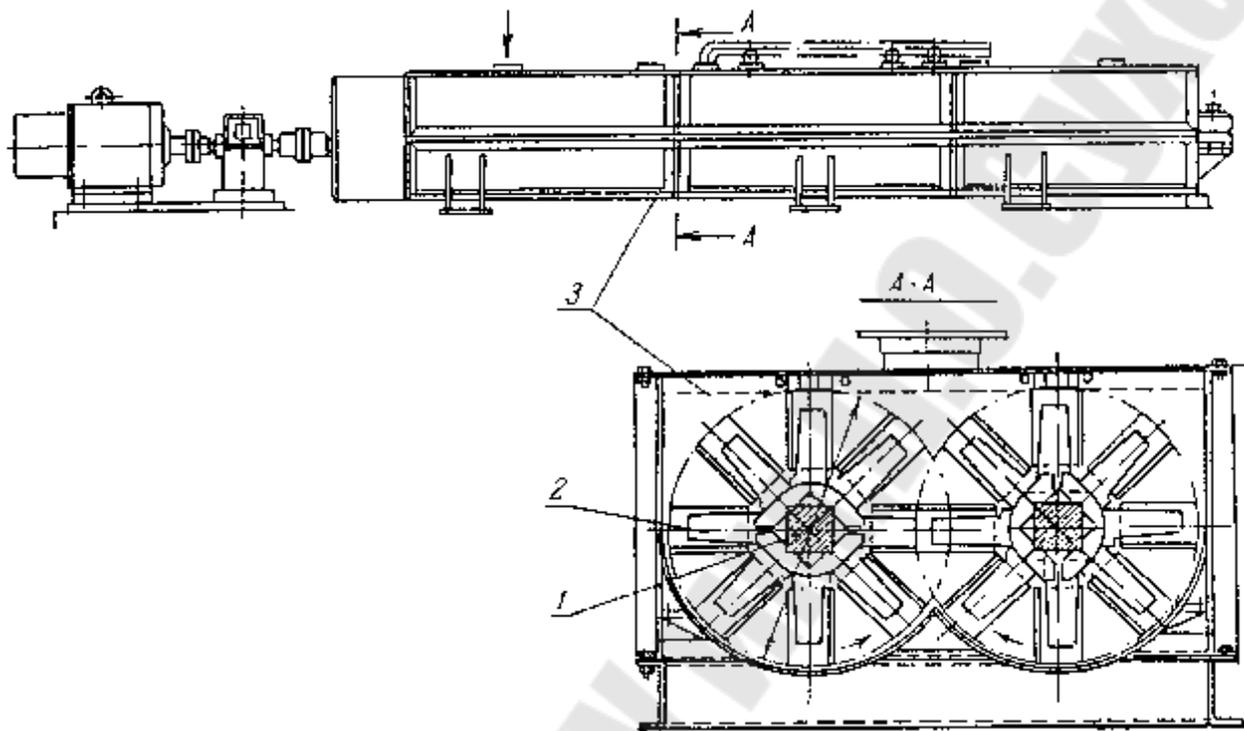


Рисунок 3.5 - Лопастной смеситель

При вращении валов винтообразные лопасти захватывают материал и перемешивают его по окружности, так и вдоль корпуса смесителя.

Благодаря этому, а также трению о стенки корыта частицы материала перемешиваются. При перемешивании материала нарезаются лопастями и перебрасываются ими. Однако смесь перетирается и уплотняется в очень малой мере и полного обволакивания зёрен песка не происходит. По этой причине эти смесители не получили широкого распространения и применяются тогда, когда технологически возможно приготовление наполнительных или единых смесей с небольшим процентом освежения, а также для приготовления ЖСС и ХТС.

Вместе с тем эти смесители есть ряд достоинств: простота конструкции и надёжность действия, не большое потребление энергии и высокая производительность.

Вихревые смесители. Сегодня практически во всех цехах Беларуси, также как, впрочем, и в России и Украине, основным смесе-приготовительным агрегатом являются катковые бегуны. В то же время исследования и мировой опыт показывают, что даже применитель-

но к песчано-глинистым смесям эти смесители неэффективны. Все большую популярность и распространение завоевывают высокоскоростные вихревые смесители.

Вихревое смешивание отличается высокими линейными и вращательными скоростями движения частиц наполнителя. Распределение связующего в объеме смеси и по поверхности зерен наполнителя происходит под воздействием высоких динамических энергий. Интенсивное разнонаправленное поступательно-вращательное движение всей смеси, ее микрообъемов и каждой отдельной частицы обеспечивает получение высококачественной смеси, отличающейся высокой степенью гомогенности и безупречным покрытием каждого зерна. Высокие скорости движения зерен и непрерывное соударение частиц приводят к так называемой механической активации связующего комплекса, обеспечивая тем самым повышение прочностных характеристик смеси.

Преимуществом высокоскоростных турбинных смесителей является высокая скорость гомогенизации смеси. Уже через 60—90 секунд перемешивания все компоненты, помещенные в высокоскоростной смеситель, равномерно распределяются по объему замеса. В то же время в катковом смесителе на аналогичных смесях тот же уровень равномерности перемешивания достигается через 3-4 минуты.

Смесь, приготовленная в высокоскоростных вихревых смесителях, имеет более высокие характеристики и по таким важным показателям, как уплотняемость и газопроницаемость. Так, газопроницаемость увеличивается в 1,2-1,5 раза, прочность – на 10-15%, уплотняемость - на 15 – 20%.

Вихревой смеситель по сравнению с катковым обладает более высокой (в 1,5 – 2,0 раза) производительностью. Удельное энергопотребление вихревого смесителя в 1,5-2,0 раза ниже.

За 1,5 часа перемешивания в катковом смесителе количество пылевидной фракции в смеси возрастает от 8,3 до 9,3%. За то же время в турбинном смесителе этот показатель остается практически без изменений. Увеличение пылевидной фракции отчасти объясняется и меньшей газопроницаемостью смеси, приготовленной в катковом смесителе.

Сравнительные характеристики свойств формовочной смеси в зависимости от типа смесителя представлены на рисунках 3.6-3.14.

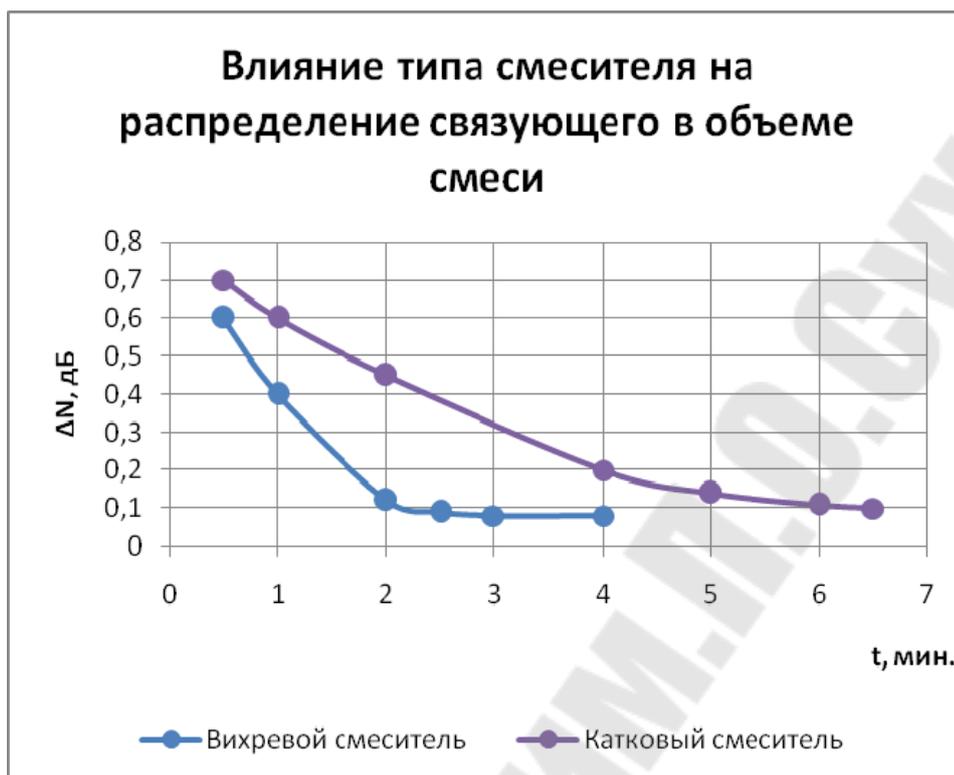


Рисунок 3.6 – Анализ влияния типа смесителя на распределение связующего в объеме смеси

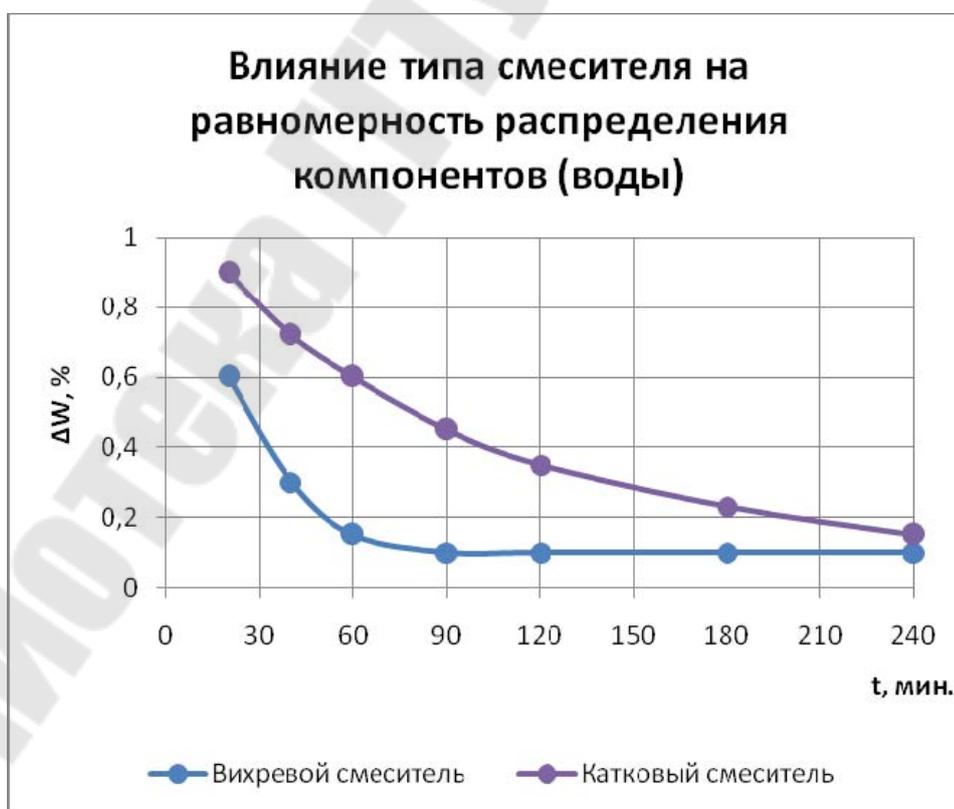


Рисунок 3.7 - Анализ влияния типа смесителя на равномерность распределения воды

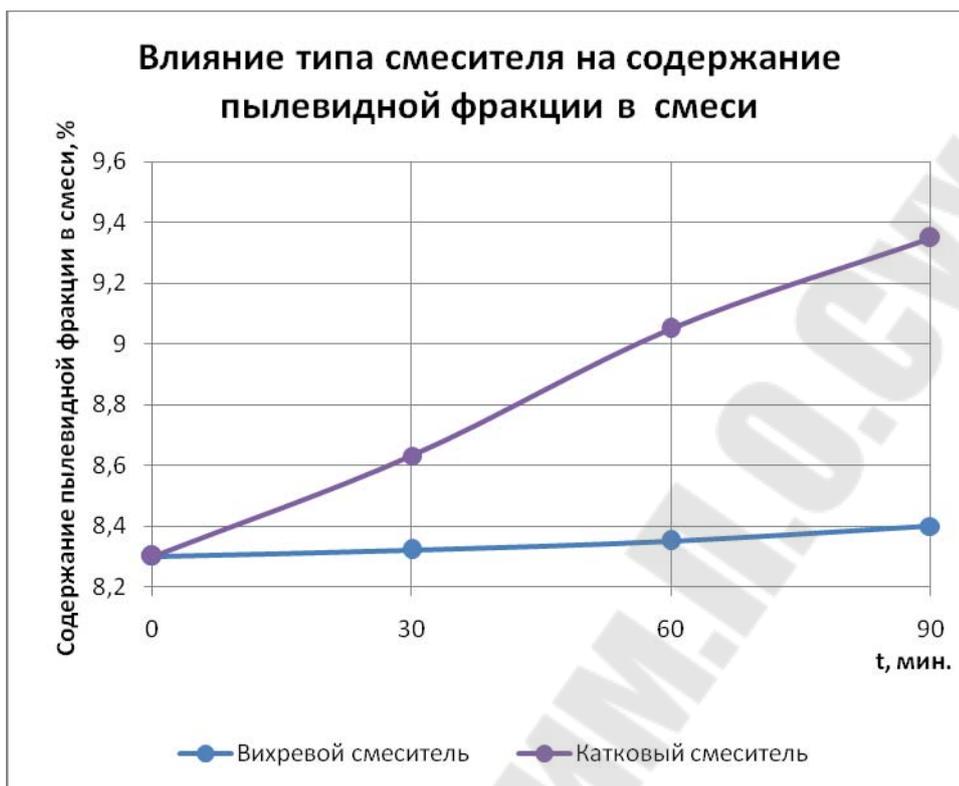


Рисунок 3.8 - Анализ влияния типа смесителя на содержание пылевидной фракции в объеме смеси

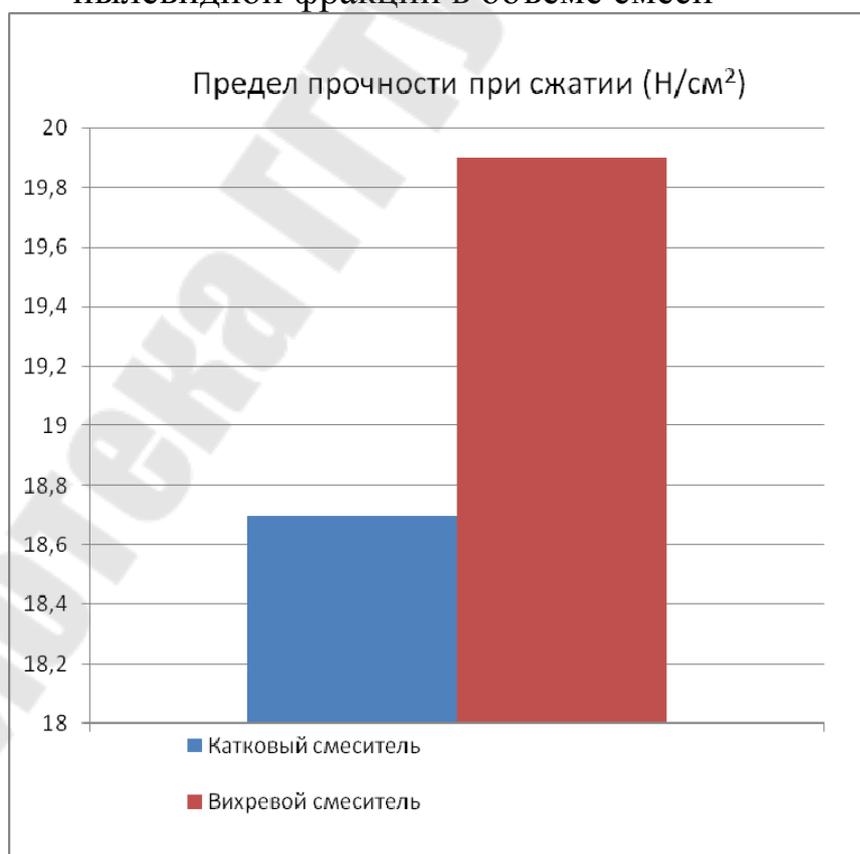


Рисунок 3.9 - Анализ влияния типа смесителя на предел прочности при сжатии

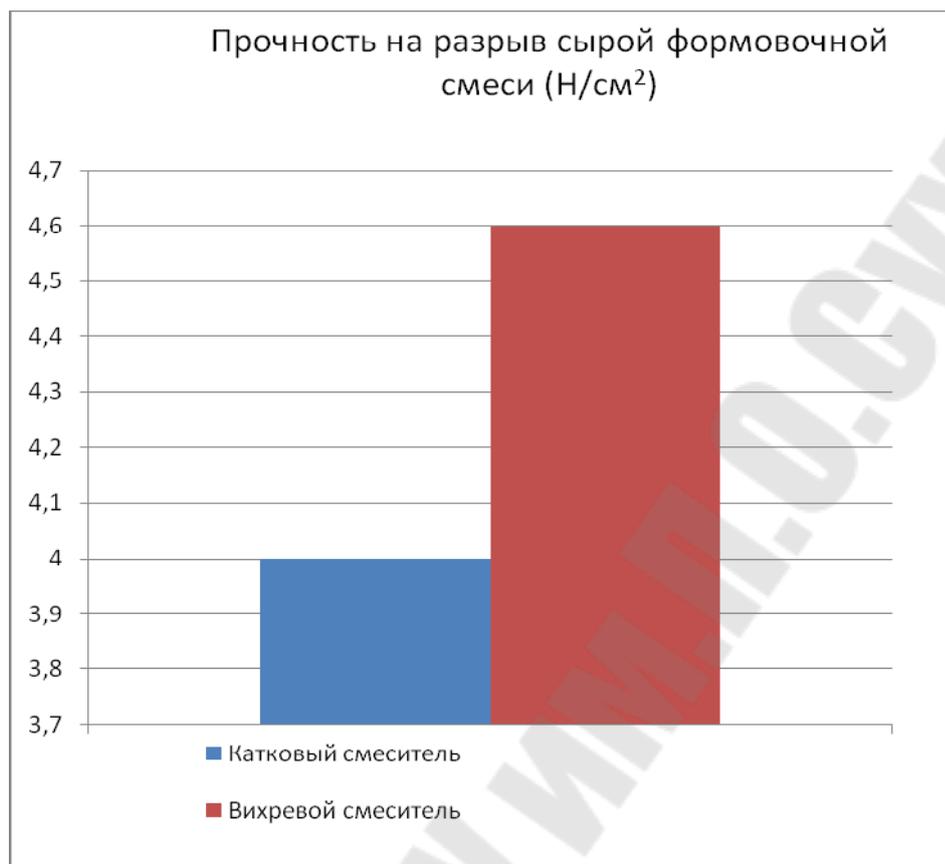


Рисунок 3.10 - Анализ влияния типа смесителя на прочность на разрыв формовочной смеси

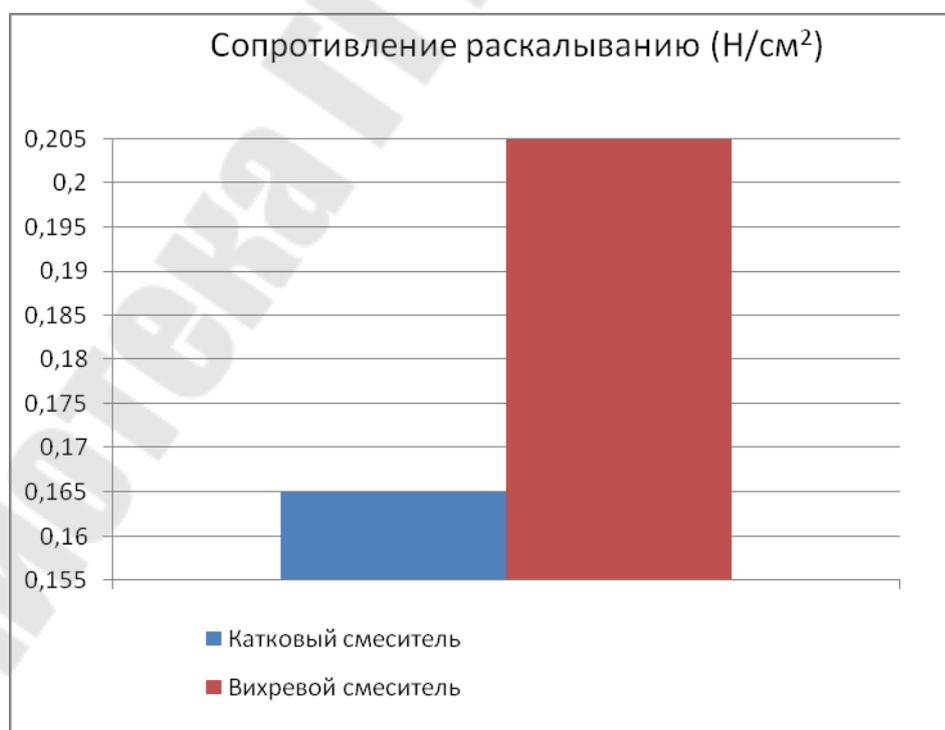


Рисунок 3.11 - Анализ влияния типа смесителя на сопротивление раскалыванию

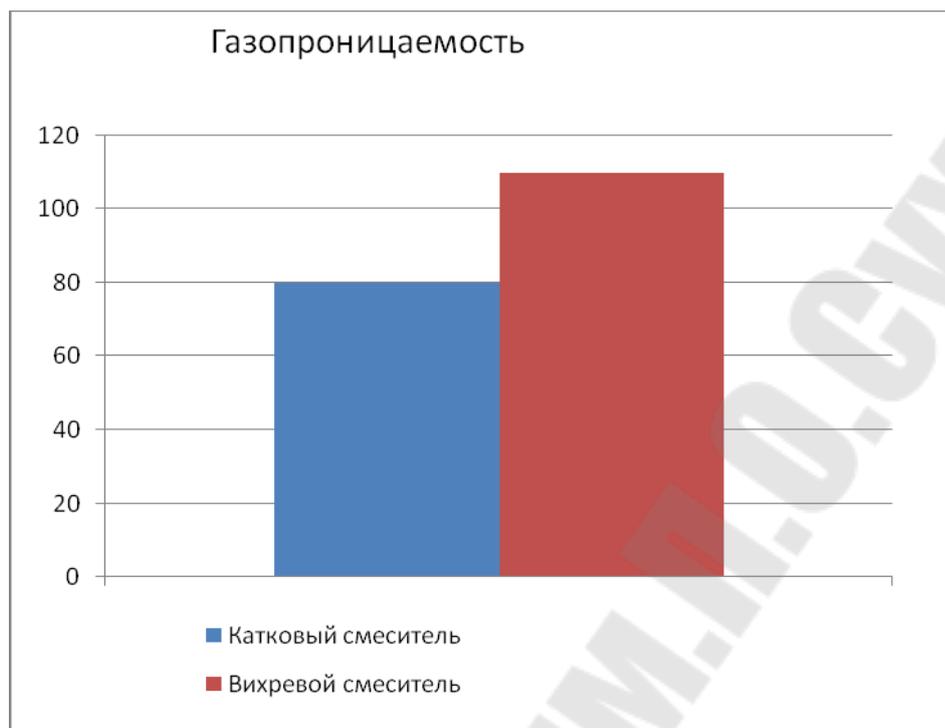


Рисунок 3.12 - Анализ влияния типа смесителя на газопроницаемость



Рисунок 3.13 – Анализ энергетических затрат для каткового смесителя



Рисунок 3.14 - Анализ энергетических затрат для вихревого смесителя

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 вихревой головки представлены на рис.3.15, 3.16.

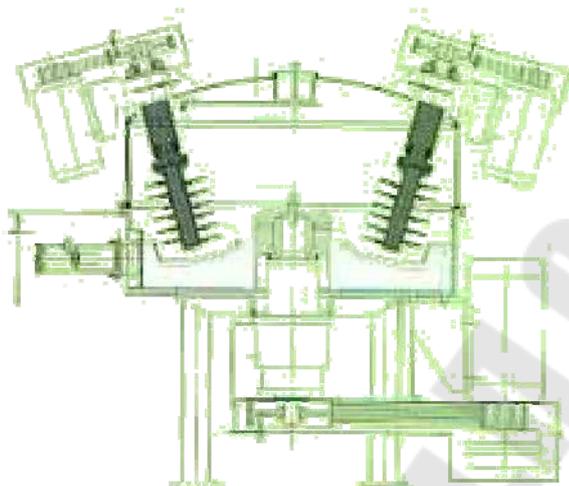


Рисунок 3.15 - Схема вихревого смесителя WM

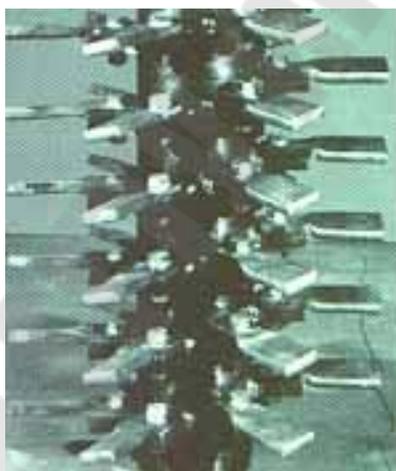


Рисунок 3.16 - Вихревая головка

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.

Прохождение под более низкой секцией завихрителя обеспечивает полное смешивание в области особенно интенсивного перемешивания и образование тонкой бентонитовой пленки 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 поток 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 максимально полно использовать возможности современных многокомпонентных формовочных бентонитовых связующих, предназначенных для получения качественных отливок с высокой чистотой поверхности.

Смеситель фирмы Maschinenfabrik Gustav Eirich ("Айрих") (с вертикально расположенной вихревой головкой и неподвижным скребком) (рис.3.17).

Смеситель марки АЙРИХ - работает по современной технологии смешения. Оснащенный системой регулировки параметров, настоящий смеситель, единственный в своем роде, обеспечивает высокий коэффициент полезного действия при каждом рабочем цикле. Смесители для приготовления формовочных смесей марки АЙРИХ отличаются высокой производительностью, простотой технического обслуживания, малым износом и безопасностью эксплуатации:

- 1.Простота замены изнашиваемых частей.
- 2.Доступность для выполнения работ по техническому обслуживанию.
- 3.Все основные рабочие узлы находятся вне смесителя (приводы, редукторы).
- 4.Возможность повторного включения полного смесителя при отключении тока.

Смеситель оснащен программой для регулировки параметров, позволяющей достигать высокую эффективность процесса смешения.

Смеситель характеризуется 3 основными признаками:

Вращающийся резервуар, непрерывно подающий смесь в зону вращающегося смесительного инструмента.

Вращающийся смесительный инструмент с оптимизированными для формовочной смеси числом оборотов и мощностью привода.

Комбинированный инструмент как скребковый сбрасыватель смеси со стен и днища предотвращает налипание материала и ускоряет разгрузку смесителя по окончании процесса смешения.

Возникающие при этом потоки смеси, движущиеся с разной скоростью, способствуют перемешиванию. Благодаря этому дополнительно могут быть оптимизированы интенсивность смешения или подача энергии.

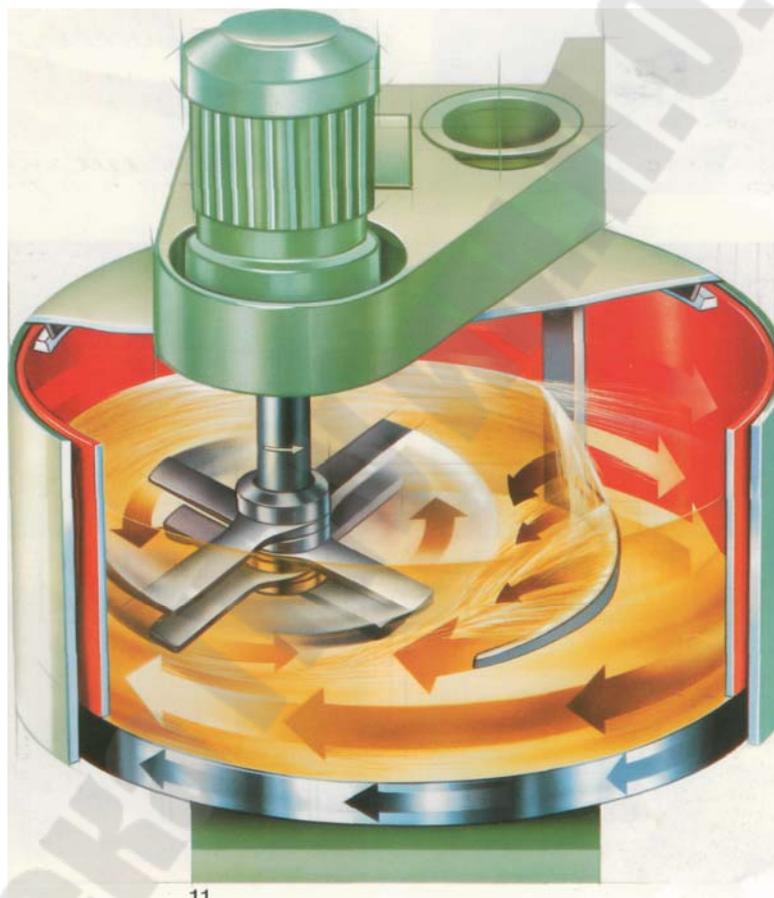


Рисунок 3.17 - Смеситель АЙРИХ

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 заме-

нимы, 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 Р500 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.3.18).



Рисунок 3.18 - Установка подготовки сырой формовочной смеси с производительностью 20 т/ч со смесителем Р 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.



Рисунок 3.19 - 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.



Рисунок 3.20 - Узлы смесителя интенсивного действия

Обедненная формовочная смесь подается в бегуны через дозирующую воронку, установленную в верхней части крышки. Подача песка осуществляется через проем с заслонкой-регулятором, оснащенной гидроприводом.

Комбинированное действие вращающихся узлов определяется суммой скоростей, создаваемых в ванне планетарным устройством, бегунами интенсивного перемешивания и лопастями - скребками. В

результате за ограниченное время цикла перемешивания]формовочной смеси придаются оптимальные свойства.

Описанные бегуны отличаются низким потреблением энергии и обеспечивают тщательное перемешивание компонентов.

Разгрузка регенерированной формовочной смеси производится через отверстие, расположенное в днище ванны. Крышка разгрузочного люка поворачивается гидравлическим цилиндром в горизонтальной плоскости.

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

В перемешивании можно четко различать две стадии:

- Предварительное перемешивание: внутри ванны уже находятся промывочная вода и регенерированная формовочная смесь. На этой стадии увлажняют формовочную смесь, готовя ее к введению добавок. Стадия предварительного перемешивания заканчивается несколько секунд спустя после закрытия клапана подачи воды. В зависимости от увлажненности регенерированной формовочной смеси общая продолжительность этой стадии может колебаться от 4 мин. до 12 секунд.

- Интенсивное перемешивание: все компоненты уже находятся в смесительной ванне и взаимодействуют друг с другом для придания формовочной смеси соответствующих физико - химических и механических характеристик. Продолжительность данной стадии может составлять от 50 до 90 секунд. Если продолжительность данной стадии будет 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.

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;

в) возможность подбора оптимальной скорости перемешивания путем изменения частоты вращения вала гидравлического двигателя, поглощение инерции, возникающей при незапланированных остановках (отключениях электропитания), при помощи разгрузочного клапана, минимальное количество деталей и узлов, нуждающихся в обслуживании.

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.

Смеситель DALSIKA™ Industrial Mixers (с вращающимся ротором мешалкой и неподвижным скребком) (рис. 3.21). 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.

Интенсивный противоточный смеситель включает в себя:

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.

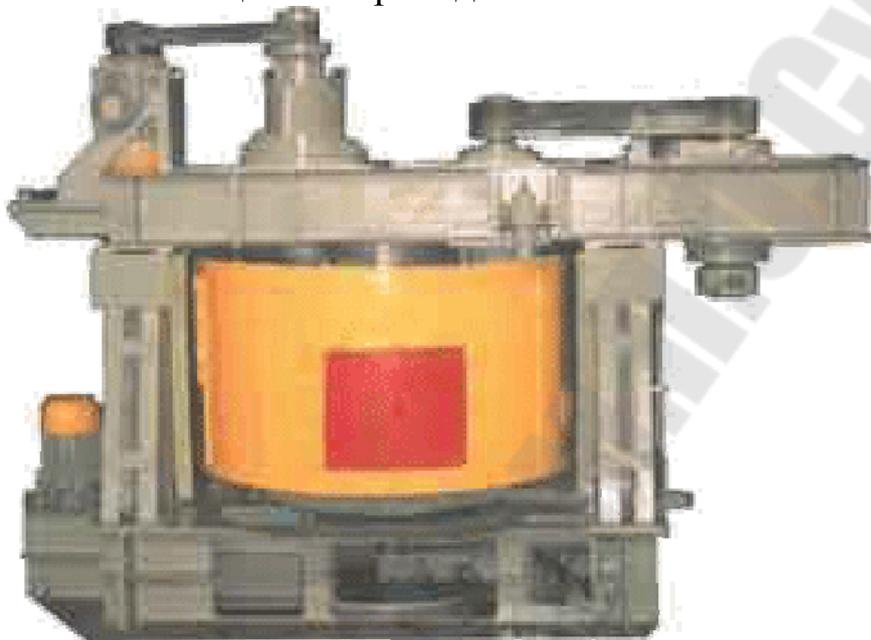


Рисунок 3.21 - Смеситель D-12.

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 отработанных 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, исключаящие 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



Рисунок 3.22 - Ротор и скребок. Видны днище, стенка бака и центральное окно выгрузки

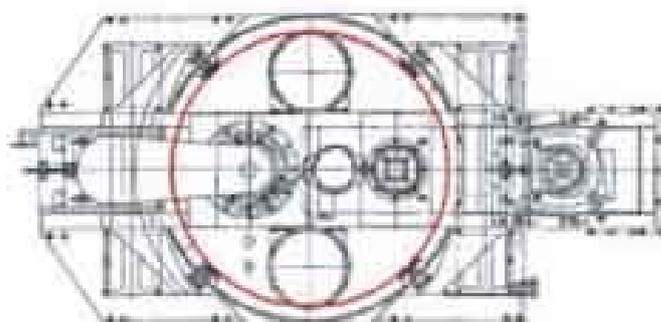
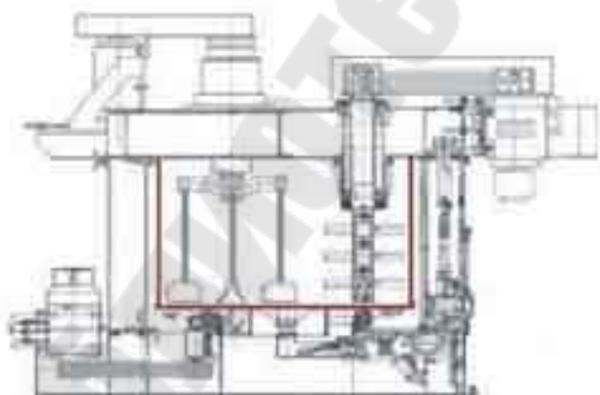


Рисунок 3.23 - Интенсивный противоточный смеситель периодического действия с ротором и мешалкой, которая обеспечивает макроперемешивание и быструю выгрузку

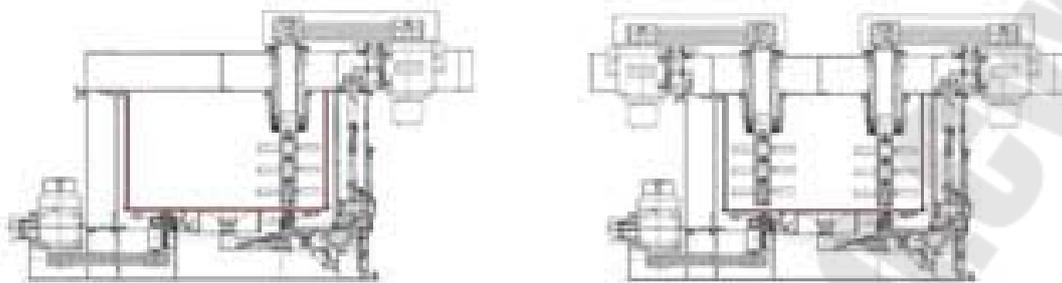


Рисунок 3.24 - Некоторые варианты типового исполнения предлагаемых интенсивных смесителей с вращающейся емкостью одного и того же типоразмера:

Основные узлы представленных смесителей: 1) вращающаяся цилиндрическая емкость (бак) с окном выгрузки в центре днища бака, 2) вращающийся ротор и 3) мешалка, 4) неподвижный скребок. В стенке бака имеется дверца обслуживания для доступа персонала внутрь бака.

Металлоконструкция включает: нижнее основание, две несущие колонны и верхнее основание. На нижнем основании установлены: типовой опорно-поворотный узел большого диаметра с роликовым подшипником и ведомой шестерней; привод вращения бака - мотор-редуктор, клиноременная или цепная передача и узел ведущей шестерни; узел выгрузки смеси - горизонтальная балка со свободно вращающейся крышкой окна выгрузки бака; гидроцилиндры управления положением и перемещениями балки при открывании и закрывании окна выгрузки. На верхнем основании установлены: ротор и мешалка с приводами; неподвижный скребок, а также узлы загрузки компонентов.

Скребок примыкает с малым зазором к стенке бака по всей ее высоте и повернут вокруг своей вертикальной оси на определенный угол. Ротор оснащен лопатками, расположенными на различных уровнях по высоте бака и вращается со сравнительно высокой скоростью. Мешалка в базовом исполнении оснащена четырьмя вертикальными стержнями, на нижнем конце каждого из которых укреплен плужковый скребок, примыкающий с малым зазором к поверхности днища бака; мешалка вращается со сравнительно низкой скоростью.

Мешалка может быть заменена вторым ротором или же смеситель может иметь только один ротор.

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

Смеситель вихревой, модели 4842 ОАО «БЕЛНИИЛИТ» для приготовления песчано-глинистой смеси.

В ОАО «БЕЛНИИЛИТ» создан ряд вихревых смесителей производительностью от 20 до 50 тонн/час смеси. Общий вид смесителя представлен на рис. 3.25

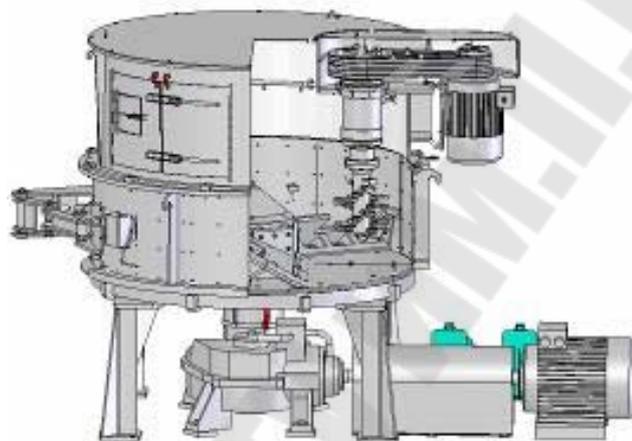


Рисунок 3.25 - Смеситель вихревой, модели 4842

Вихревые смесители ОАО «БЕЛНИИЛИТ» предназначены для приготовления песчано-глинистых формовочных смесей в цехах с серийным и массовым производством литья. Смесители возможно применять и для приготовления смесей для строительной отрасли.

Автоматизированные смесеприготовительные комплексы (АСК) ОАО «БЕЛНИИЛИТ» (рис. 3.26) предназначены для работы в цехах с серийным и массовым характером производства и оснащены вихревым смесителем, комплектом дозаторов компонентов смеси, комплектом приборов автоматического контроля свойств смеси, программным обеспечением обеспечивающим работу комплекса в автоматическом и наладочном режиме, сбор и учет статистических параметров приготовленной смеси.

Вихревое смешивание отличается высокими линейными и вращательными скоростями движения частиц наполнителя. Распределение связующего в объеме смеси и по поверхности зерен наполнителя происходит под воздействием высоких динамических энергий созда-

ваемых вихревой головкой. Интенсивное разнонаправленное поступательно-вращательное движение всей смеси, ее микрообъемов и каждой отдельной частицы обеспечивает получение высококачественной смеси, отличающейся высокой степенью гомогенности и безупречным покрытием каждого зерна. Высокие скорости движения зерен и непрерывное соударение частиц приводит к так называемой механической активации связующего комплекса, обеспечивая тем самым повышение прочностных характеристик смеси.

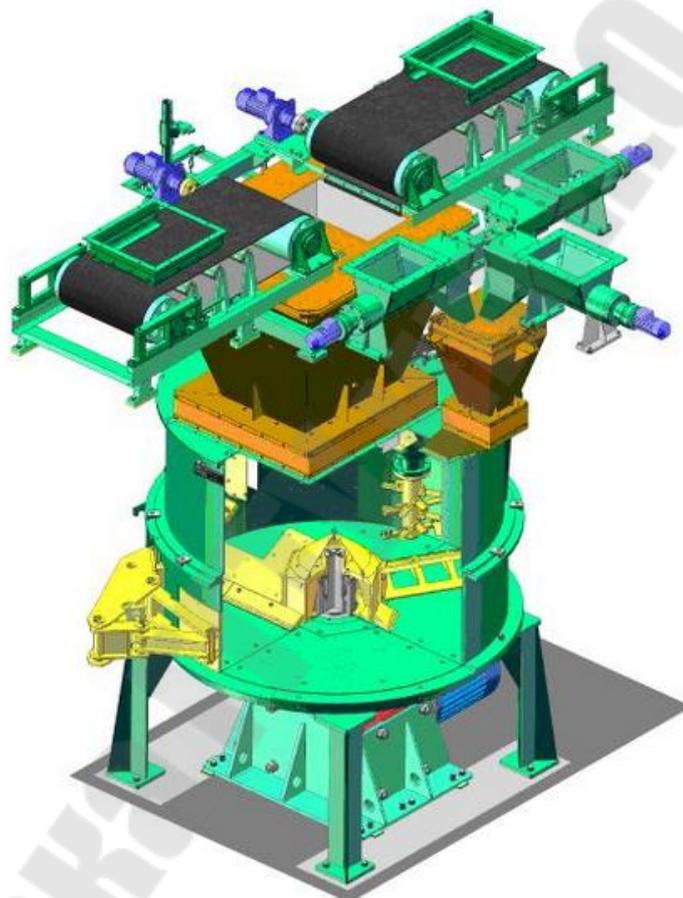


Рисунок 3.26 - Общий вид смесеприготовительного комплекса

Непрерывная аэрация смеси во время перемешивания улучшает ее формуемость и уплотняемость, позволяет готовить высокопрочные смеси до 2 МПа практически при сохранении производительности смесителя.

Смесители вихревого типа используются, как правило, для приготовления прочных и высокопрочных песчано-глинистых смесей. Также как в роторных смесителях, и смесителях вихревых практически исключается перетирание и измельчение зерновой основы смеси, имеющее место в катковых смесителях.

Формовочная смесь в зависимости от выбранной технологии может состоять из следующих компонентов, дозирование которых необходимо строго контролировать: отработанная формовочная смесь, свежий песок, сухой бентонит, вода, глинистая суспензия, крахмалит, графит, мазут и т.д.

Качество формовочной смеси зависит в первую очередь от первого этапа процесса смесеприготовления – точности дозирования компонентов в смеситель и состава дозирующего оборудования и во вторую очередь, не менее важную – интенсивности перемешивания.

Состав смесеприготовительных комплексов ОАО «БЕЛНИИ-ЛИТ» представлен на рис. 3.27.

Комплекс может состоять из следующего оборудования:

1. Смеситель;
2. Весовой бункер – дозатор сухих компонентов на 70кг.
3. Весовой бункер – дозатор жидких компонентов на 55кг.
4. Весовой бункер – дозатор на 1200кг.
5. Вихревой смеситель
6. Рама
7. Шнековый питатель
8. Шнековый питатель
9. Пневмооборудование и электрооборудование
10. Автоматизированное рабочее место лаборанта

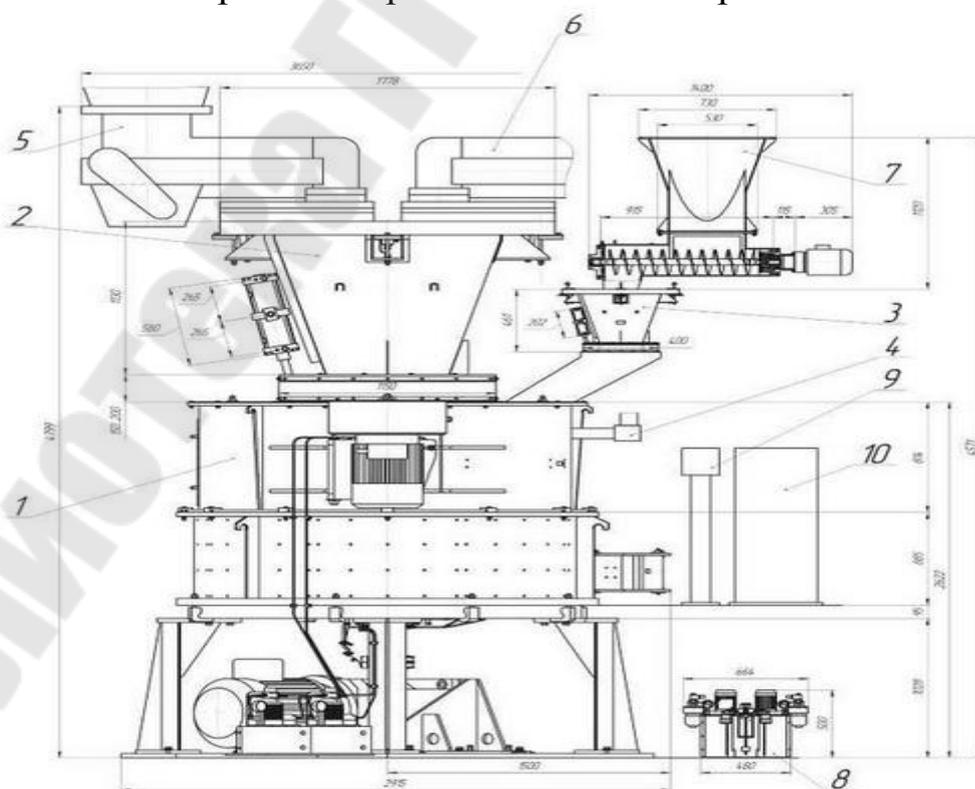


Рисунок 3.27, где 1- Вихревой смеситель модели 15104; 2 - Весовой дозатор отработанной формовочной смеси и свежего песка, совмещенный до 1000 кг; 3 - Весовой дозатор сухих компонентов совмещенный до 50 кг; 4 - Электромеханический счетчик воды; 5 - питатель отработанной формовочной смеси; 6 - Питатель свежего песка; 7 – Питатели сухих добавок; 8 - Маслостанция; 9 - Пульт управления; 10 - Электрошкаф.

Состав смесеприготовительного комплекса может быть изменён под требования заказчика согласно технологии производства смеси.

В итоге производственной эксплуатации смесителей на литейных предприятиях установлены следующие технико-экономические показатели:

- Вихревой смеситель, по сравнению с катковым, обладает более высокой (в 1,5-2 раза) производительностью и обеспечивает повышение качественных характеристик формовочной песчано-глинистой смеси:

- газопроницаемость в 1,2-1,5 раза;
- прочность на 10-15 %;
- уплотняемость на 15-20 %.

- Удельное энергопотребление вихревого смесителя в 1,5–2 раза ниже, чем каткового, а время замеса составляет 1-1,5 минуты с загрузкой и выгрузкой смеси. Экономия энергозатрат по сравнению с катковыми смесителями с массой замеса 1 т за 1 год составляет до 100 тыс. кВт/час в год при двухсменном режиме;

- Непрерывная аэрация смеси во время перемешивания улучшает ее формуемость и уплотняемость, позволяет готовить высокопрочные смеси до 2 МПа практически при сохранении производительности смесителя.

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.



Рисунок 3.28 - Плуги смесителя

Три плуга, вращающиеся в направлении потока песка (вращение против часовой стрелки), сконструированы таким образом, что смесь постоянно переворачивается и перемешивается (рис.3.28).

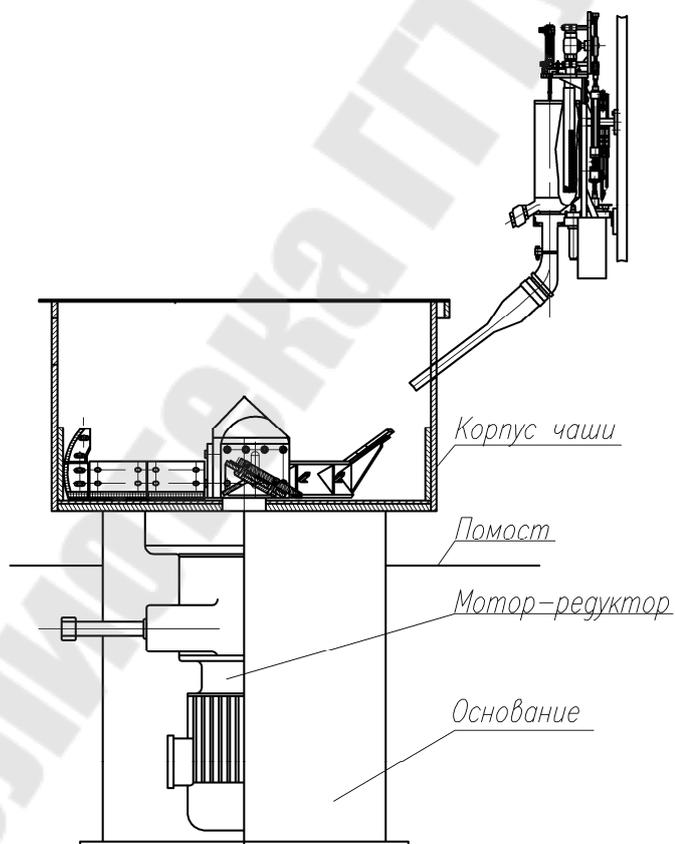


Рисунок 3.29 - Смеситель FDC

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

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

<i>Наименование параметров</i>	<i>Данные модернизации</i>	
	<i>До</i>	<i>После</i>
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 маслонасоса смазки: модель мощность, кВт частота вращения, мин ⁻¹	-	АИР 63 А4 У3 0,25 1450

Таблица 3.5. Техническая характеристика системы смазки

<i>Наименование параметров</i>	<i>Данные</i>
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 (рис. 3.30) 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 закрепленный 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.

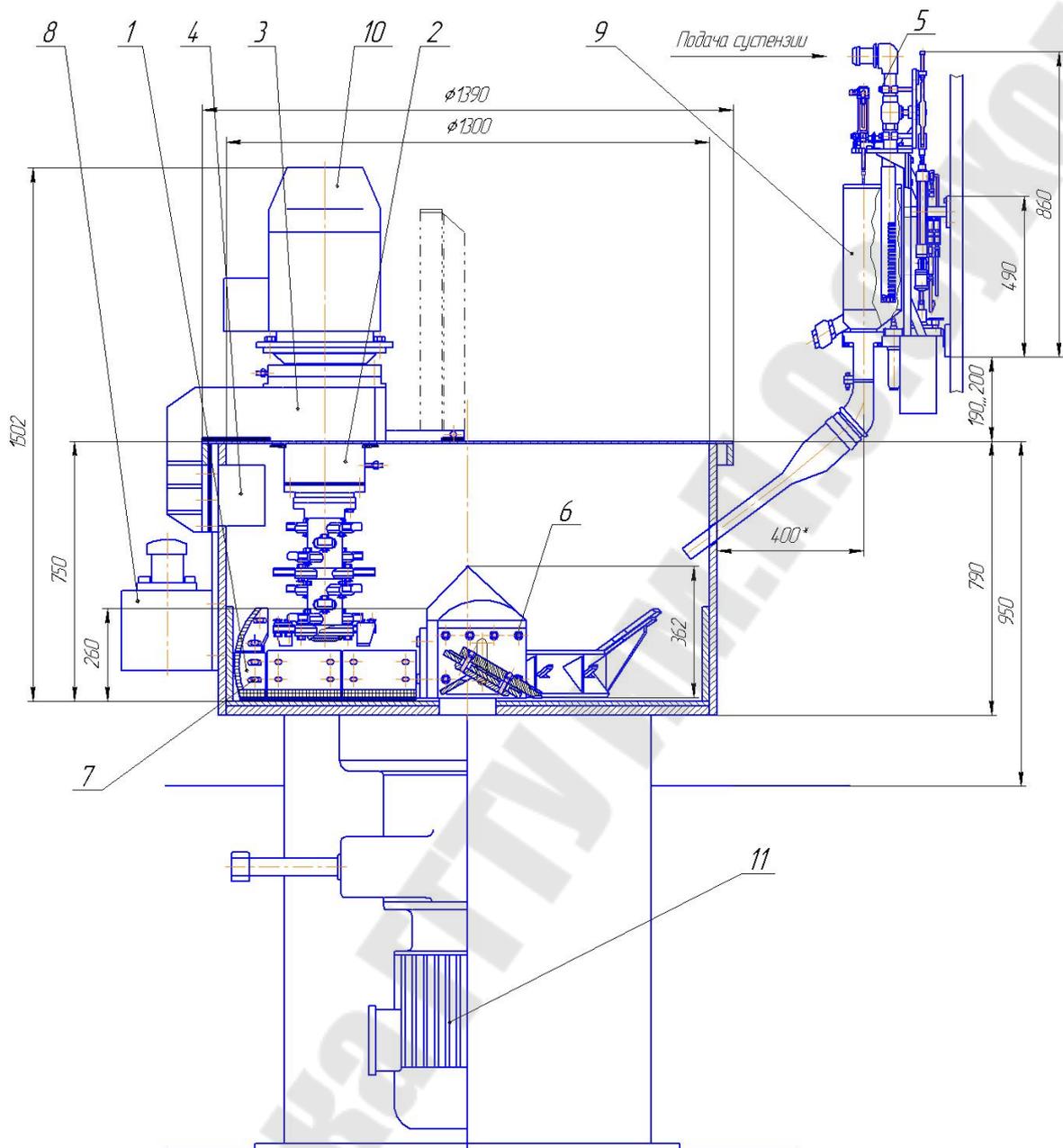


Рисунок 3.30 - Общий вид смесителя FDC до модернизации
Устройство смесителя и его работа.

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.

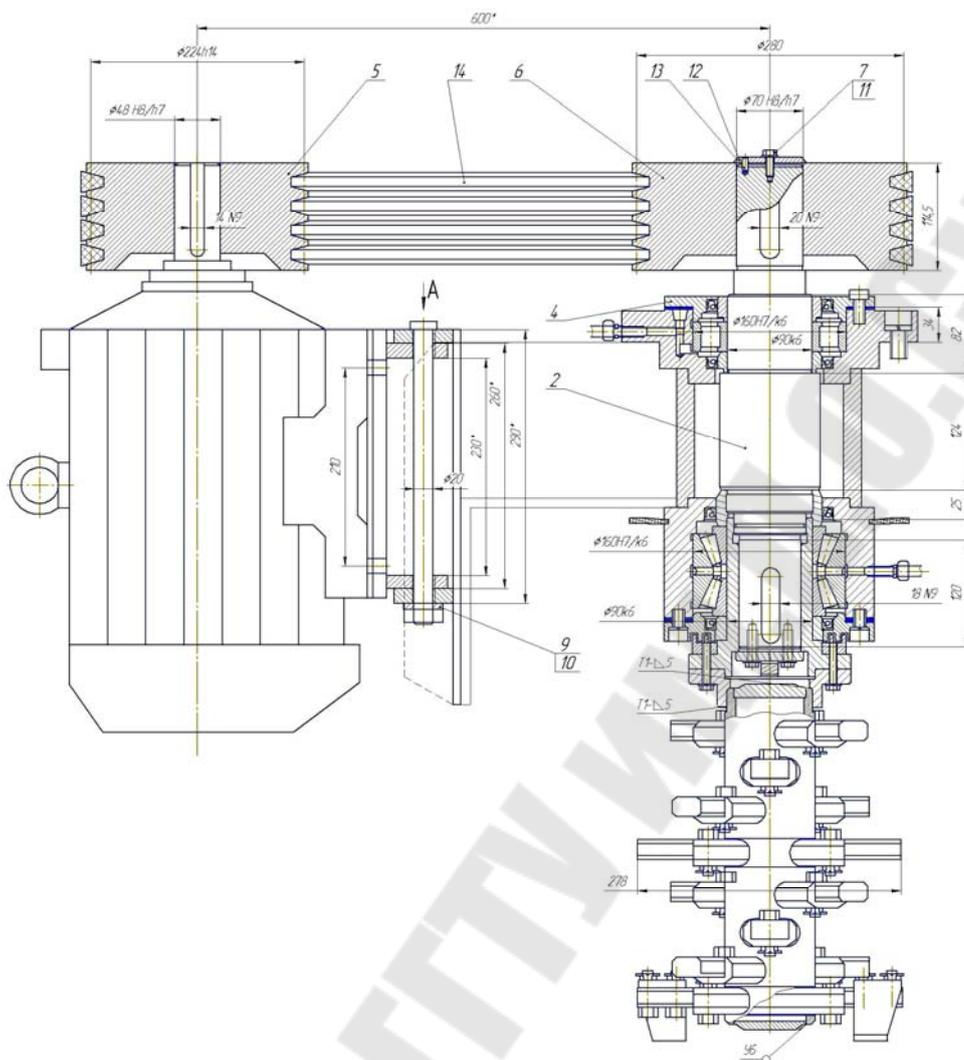


Рисунок 3.31 - Вихревая головка

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

Вихревая головка (рис. 3.31) 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, обеспечи-

вая 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 поперечное 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 полый трубы с фланцем для крепления. В полый 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 корончатыми гайками и шплинтом. На нижний нож закрепляются по концам дополнительные отогнутые вниз скребки, закрепленные такими 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 дна 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 (рис. 3.32). Модернизация заключается в замене малопроизводительного способа смешивания формовочной смеси с помощью катков и лопаток на современный струйный способ смешивания высокооборотной многорезцово-вихревой головкой и лопастным активатором.

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

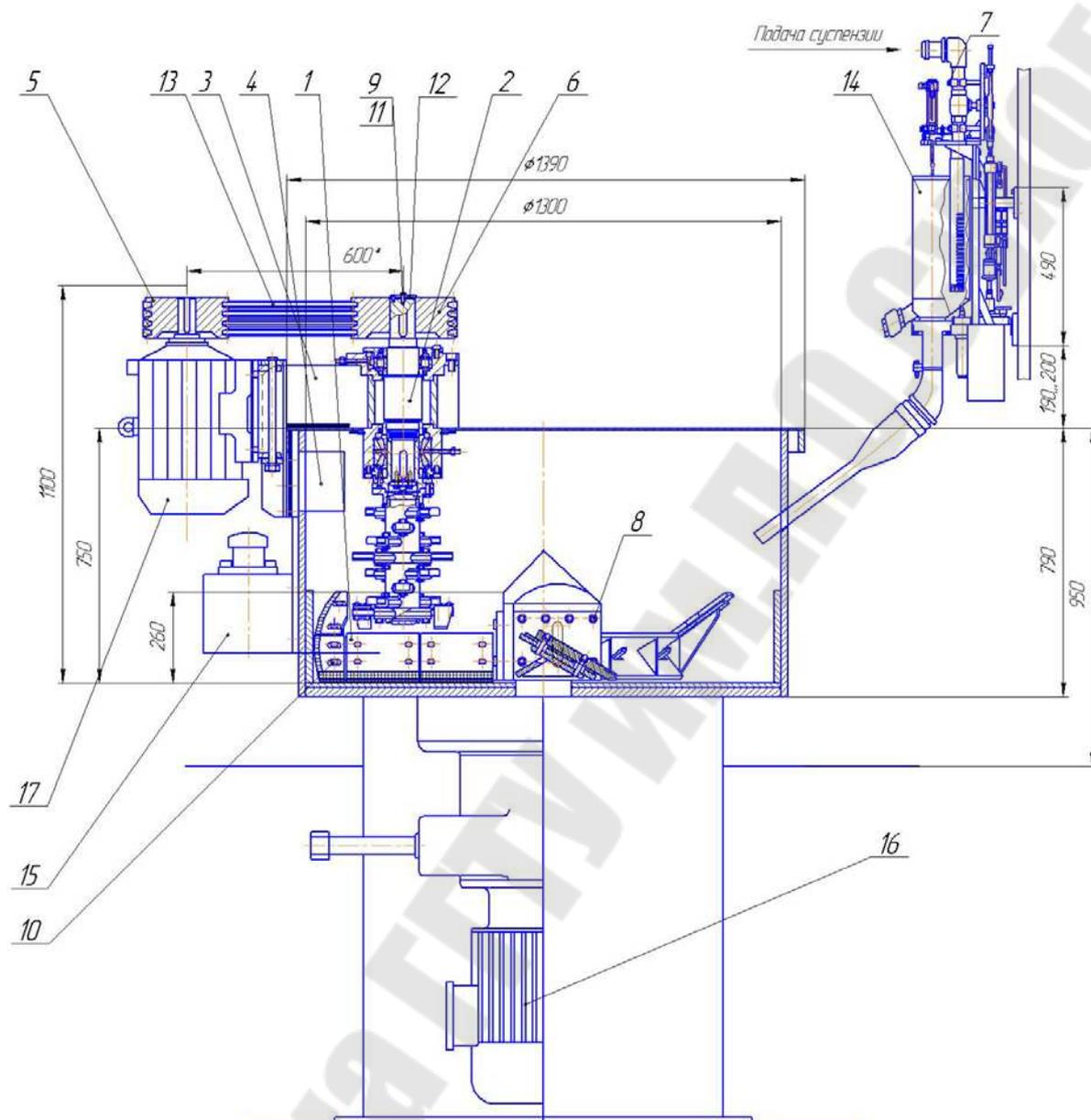


Рисунок 3.32 - Общий вид смесителя FDC после модернизации

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. 3.32) 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:

$$F = S \cdot P \quad (3.1)$$

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

Сопротивление смеси равно ([6], с.56):

$$P = k \cdot G \cdot \omega \cdot x \quad (3.2)$$

где k - коэффициент зависящий от свойств смеси
 $k = 0,9 \cdot 10^{-5} - 1,3 \cdot 10^{-5}$ ([6], с.56);

G - вес смеси загружаемый в бегуны $G = 504 \text{ Н}$

ω - 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:

$$S = a \cdot b \quad (3.3)$$

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.

$$T_4 := 1198.2 \text{ Нм}$$

$$T_3 := \frac{T_4}{(U_6 \cdot \eta_{6x} \cdot \eta_{п})} = \frac{1198.2}{3.97 \cdot 0.99 \cdot 0.97} = \blacksquare \text{ Нм}$$

$$T_2 := \frac{T_3}{(U_T \cdot \eta_{ТХ} \cdot \eta_{п})} = \frac{314.3}{(2.757 \cdot 0.97 \cdot 0.99)} = \blacksquare \text{ Нм}$$

$$T_1 := \frac{T_2}{(U_{оп} \cdot \eta_{рп} \cdot \eta_{п})} = \frac{118.7}{(2 \cdot 0.94 \cdot 0.99)} = \blacksquare \text{ Нм}$$

$$N_1 := n_1 \cdot \frac{T_1}{9550} = 1000 \cdot \frac{63.7761}{9550} = \blacksquare \text{ кВт}$$

По техническим причинам для обеспечения запуска загруженного смесителя мощность электродвигателя вихревой головки принимаем исходя из ([6], с.24):

$$N_{эд.} = N_1 \cdot k \tag{3.4}$$

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

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

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

Технические данные двигателя АИР160М6У3:

Синхронная частота вращения, n 1000 об/мин.

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

Скольжение, s 3 %.

Номинальная частота вращения двигателя рассчитывается следующим образом:

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

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

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

Мощность, развиваемая на валу вихревой головки:

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

где η – КПД привода

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

$\eta_{подш}$ - КПД подшипников качения, $\eta_{подш} = 0,99$ ([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 рабочих граней. Сминается часть шпонки, выступающая из вала. Размеры шпонки $18 \times 11 \times 80$ ГОСТ 23360-78

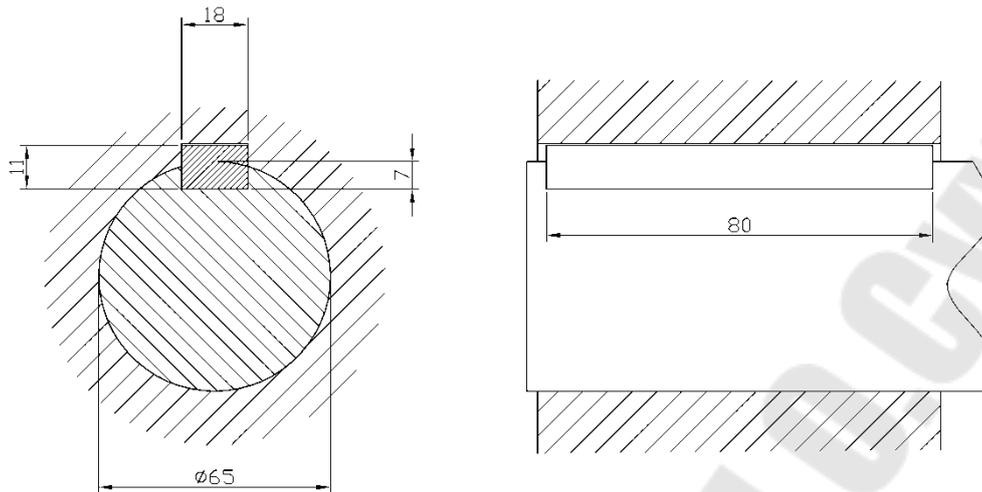


Рисунок 3.33 – Эскиз шпоночного соединения

Условие прочности:

$$\sigma_{см} = \frac{F \cdot t}{A_{см}} \leq [\sigma] \quad (3.5)$$

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

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

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

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

Условие прочности из расчёта на срез шпонки

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l \cdot d} \leq [\tau]_{ср} \quad (3.6)$$

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

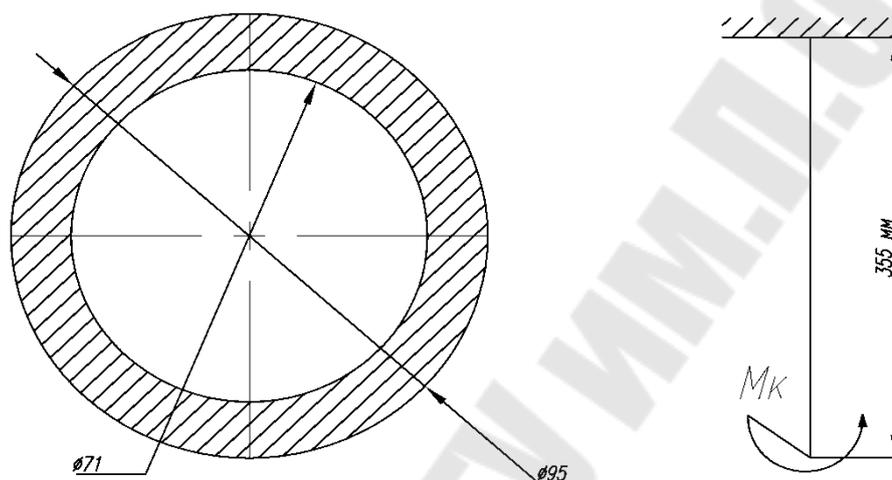
$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l \cdot d} = \frac{2 \cdot 141,17 \cdot 10^3}{18 \cdot 62 \cdot 65} = 3,89 \text{ МПа}$$

$$\tau_{ср} \leq [\tau]_{ср}$$

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.



Площадь сечения:

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

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

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

$$c = \frac{d_0}{d}; \quad c = \frac{71 \text{ мм}}{95 \text{ мм}} = 0,747;$$

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 ([6], с.175, ф.11.6):

$$W_p = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_0^4)}{16 \cdot d} \approx 0,2 \cdot d^3 \cdot (1 - c^4) \quad (3.7)$$

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

Крутящий момент найдем по формуле:

$$M_K = L \cdot S_{\text{сеч}} \cdot G \quad (3.8)$$

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 ([6], с.175, ф.8.6):

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

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 ([6], с.174, ф.6.6):

$$\vartheta = \frac{M_{\kappa}}{G \cdot J_p}; \quad (3.9)$$

где $G = 8 \cdot 10^5 \text{ кг} / \text{см}^2$ - модуль сдвига ([6], с.640, прил.1)

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

Полный угол закручивания ([6], с.176, ф.13.6):

$$\varphi = \frac{M_{\kappa} \cdot l}{G \cdot J_p}; \quad (3.10)$$

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

Расчет сварного соединения на прочность.

Определим момент сопротивления изгибу расчетного сечения сварного шва, который, если рассматривать шов, как тонкое кольцо, находим по формуле ([6], с.102):

$$W = \frac{2 \cdot J_{\text{шва}}}{d}, \quad (3.11)$$

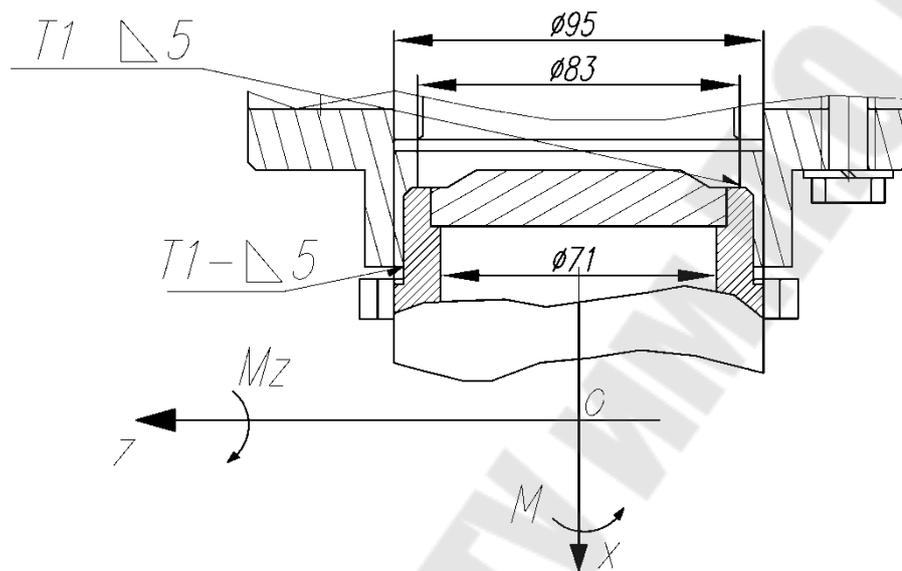
где $d = 90 \text{ мм}$ – диаметр, на который накладывается сварной шов;

$J_{\text{шва}}$ - осевой момент инерции тонкого кольца;

$$J_{шва} = \frac{\pi \cdot d_{cp}^3}{8} \cdot \delta, \quad (3.12)$$

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:

$$M_z = L \cdot S \cdot G \quad (3.13)$$

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 ([6], с.103):

$$\tau = \frac{M_z}{W_p}; \quad (3.14)$$

$$\tau = \frac{2220}{74.8} = 29,7 \text{ кг} / \text{см}^2$$

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 с шва ([6], с.103):

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

Допускаемые напряжения растяжения для сварных швов принимают равным:

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

где $[\sigma]_p = 700$ - допускаемое напряжение основного металла соединяемых элементов при растяжении ([6], табл.1);

Вывод: Условие прочности выполняется

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

Прочность кругового сварного шва достаточна.

Определение допустимой нагрузки на вал.

Определяем допускаемую нагрузку для вала. При расчете принять: допускаемое нормальное напряжение при растяжении $[\sigma_p] = 100$ МПа, коэффициент запаса прочности $[n] = 2$. Эскиз оси показан на рисунке 3.34.

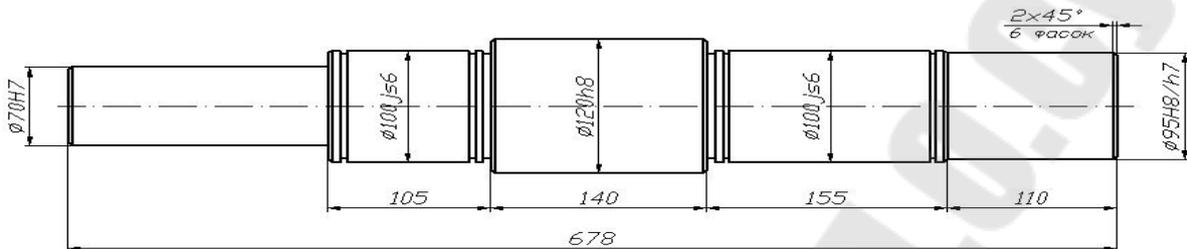


Рисунок 3.34 – Эскиз вала

Наибольший изгибающий момент возникает на участке от концов оси до опор. На этом участке волокна сверху находятся в растянутом состоянии, а волокна снизу в сжатом состоянии.

Определяем допускаемую нагрузку из условия прочности оси на данном участке.

Находим пластический момент сопротивления ([6], с.326):

$$W_T = \frac{\pi d^3}{12} \quad (3.15)$$

где d – диаметр нагруженного участка ($d = 0,1$ м)

$$W_T = \frac{3,14 \cdot 0,1^3}{12} = 261 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Определяем величину предельного изгибающего момента ([4], с.326):

$$M_{np} = [\sigma_p] \cdot W_T = 100 \cdot 10^6 \cdot 261 \cdot 10^{-6} = 26,1 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (3.16)$$

Рассчитаем предельную нагрузку на ось роликовой опоры из условия $P_{np} \cdot l = M_{np}$, находим P_{np} ([4], с.326):

$$P_{np} = \frac{M_{np}}{l} \quad (3.17)$$

где l – длина нагруженного участка ($l = 0,105$ м)

$$P_{np} = \frac{26,1}{0,105} = 248 \text{ кН}$$

Предельно допускаемое значение нагрузки равно ([6], с.326):

$$[P]_{np} = \frac{P_{np}}{[n]} = \frac{248}{2} = 124 \text{ кН} \quad (3.18)$$

Вывод: при данных размерах вала и при $[P_{np}] = 124$ кН коэффициент усталостного напряжения $S = 1,9$ ([6], табл.1.1), $S > S_{\min} = 1,5$ и $S < 3$, то условие выполняется, а следовательно допускаемое значение нагрузки соответствует нормативам.

Расчет шпонки на смятие рабочих граней.

Проведем расчет шпонки, на валу редуктора приводящая в движение конвейер, на смятие рабочих граней. Шпонка имеет следующие размеры: 20x8x150 ГОСТ 23360-78. Эскиз шпоночного соединения показан на рисунке 4.3.

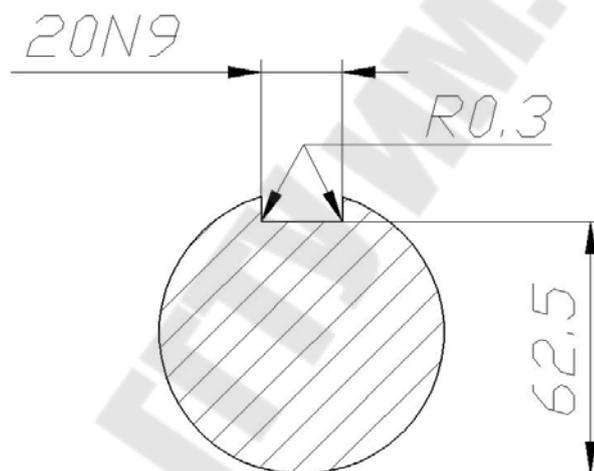


Рисунок 3.35 – Эскиз шпоночного соединения.

Напряжение смятия граней шпонки не должно превышать допускаемого, т.е. должно удовлетворять условию ([6], с. 324):

$$\sigma_{см} = \frac{F}{A_{см}} \leq [\sigma]_{см}, \quad (3.19)$$

$$F = \frac{2T}{d}, \quad (3.20)$$

где T – передаваемый вращающий момент, $T = 479,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

d – диаметр вала в месте установки шпонки, $d = 70$ мм;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия, для Сталь

$45 [\sigma]_{см} = 100$ МПа.

$$A_{см} - \text{площадь смятия}, A_{см} = (h - t_1) \cdot l_p; \quad (3.21)$$

$$l_p - \text{рабочая длина шпонки}, l_p = l - b. \quad (3.22)$$

С учетом приведенных значений F и $A_{см}$ выражение примет вид ([4], с. 325):

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1)(l - b)} = \frac{2 \cdot 479,4 \cdot 10^3}{70 \cdot (8 - 5)(150 - 20)} = 35,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{см} = 35,1 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{см} = 100 \text{ МПа} - \text{условие выполняется.}$$

Проведем расчет шпонки на срез, исходя из условия ([6], с. 325):

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l \cdot d} \leq [\tau]_{ср}, \quad (3.23)$$

где $\tau_{ср}$ - допускаемое напряжение при срезе,

$$\tau_{ср} = 0,6 \cdot [\sigma]_{см} = 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ МПа.} \quad (3.24)$$

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l \cdot d} = \frac{2 \cdot 479,4 \cdot 10^3}{20 \cdot 150 \cdot 70} = 4,6 \text{ МПа} .$$

$$\tau_{ср} = 4,6 \text{ МПа} \leq [\tau]_{ср} = 60 \text{ МПа} - \text{условие выполняется.}$$

Вывод: Из расчетов видно, что условие прочности на смятие $\sigma_{см} = 35,1 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{см} = 100 \text{ МПа}$ и по касательным напряжениям $\tau_{ср} = 4,6 \text{ МПа} \leq [\tau]_{ср} = 60 \text{ МПа}$ выполняются. Это говорит о том, что шпонка $20 \times 9 \times 150$ ГОСТ 23360-78 вполне удовлетворяет условиям работы механизма и не выходит из строя при данных нагрузках.

Описание работы схемы управления.

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.

Электрооборудование

Электрооборудование обеспечивает работу смесителя в следующих режимах:

- ✓ Автоматическом
- ✓ Наладочном (производиться 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.

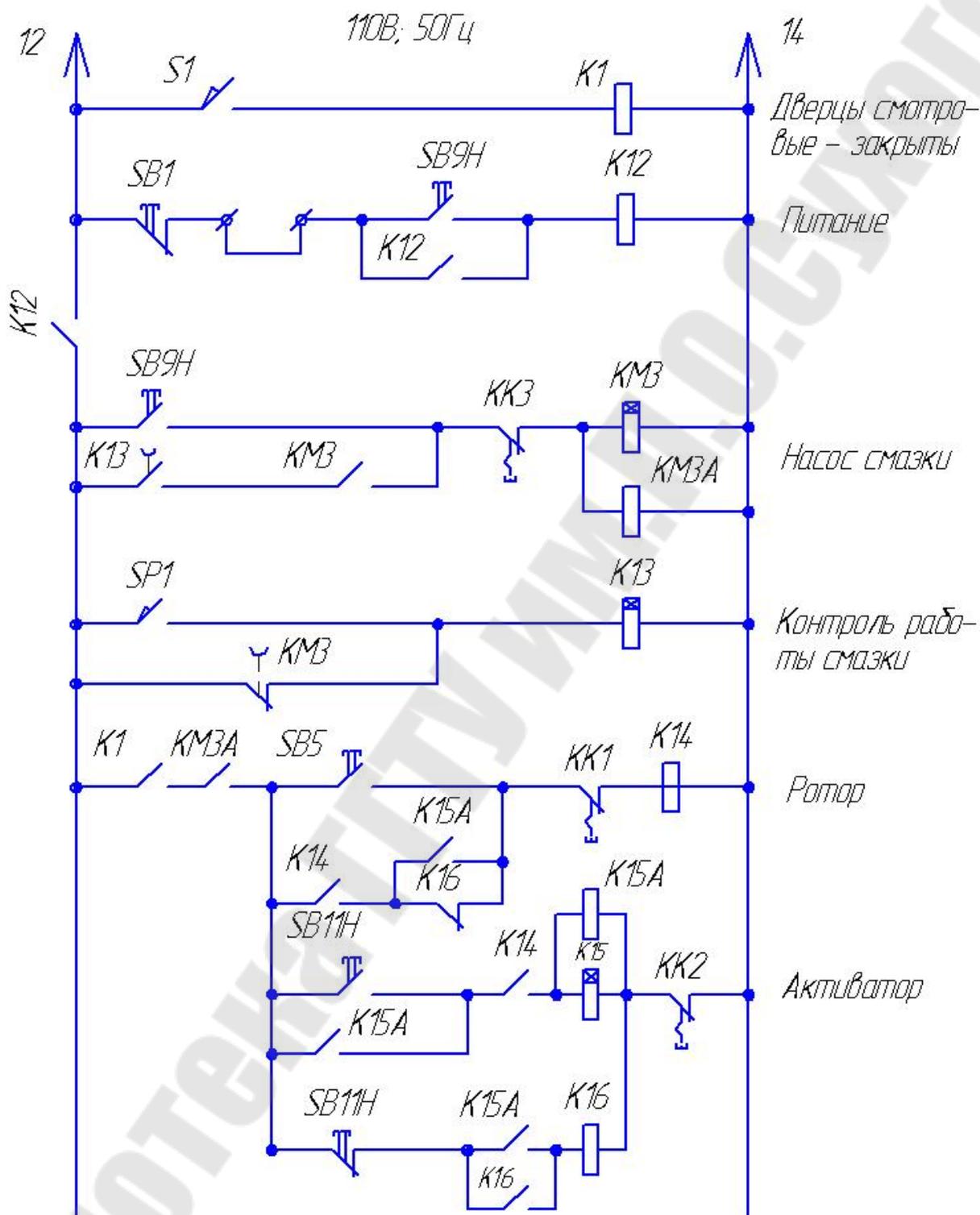


Рисунок 3.36 – Электрическая схема управления

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 SB10H производится запуск ротора. После чего кнопкой SB11H – 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 работы 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 ($6000 \text{ м}^3/\text{ч}$). 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 использование 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	Выступление двери за поверхность корпуса	Отрегулировать положение двери, со-

боковых ножей лопаток активатора	чаши и удар боковых ножей о кромку двери при выступе более 3...4 мм.	вместив 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. Отсюда и вытекают соответствующие достоинства модернизации. Энергопотребление смесителя сильно не изменилось, а производительность выросла.

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.

**Капренко Валерий Михайлович
Филипенко Евгения Владимировна**

**КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Пособие
для студентов специальности 1-36 02 01
«Машины и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 20.09.10.

Рег. № 27Е.
E-mail: ic@gstu.by
<http://www.gstu.by>