



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

**И. Б. Одарченко**

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И СИСТЕМЫ**

### **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

**по одноименному курсу для студентов  
специальностей 1-36 02 01 «Машины и технология  
литейного производства» и 1-36 02 04 «Организация  
и управление литейным производством»  
дневной формы обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2008**

УДК 621.745.3(075.8)  
ББК 34.61я73  
О-40

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 27 от 28.03.2006 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Материаловедение в машиностроении» ГГТУ  
им. П. О. Сухого канд. техн. наук, доц. *И. Н. Степанкин*

**Одарченко, И. Б.**

О-40 Автоматические линии и системы : лаб. практикум по одноим. курсу для студентов специальностей 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» и 1-36 02 04 «Организация и управление литейным производством» днев. формы обучения / И. Б. Одарченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 37 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.

ISBN 978-985-420-729-2.

Изложены требования к содержанию, выполнению и оформлению лабораторных работ по изучению конструкций и анализу работы автоматических формовочных линий.

Для студентов специальностей 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» и 1-36 02 04 «Организация и управление литейным производством» дневной формы обучения.

УДК 621.745.3(075.8)  
ББК 34.61я73

ISBN 978-985-420-729-2

© Одарченко И. Б., 2008  
© Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», 2008

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## Автоматическая формовочная линия FDC

*Цель работы:* ознакомиться с устройством и работой АФЛ, произвести ее классификацию, исследовать параметры производительности, произвести анализ работы, оценить гибкость.

### Теоретическая часть

#### Назначение и область применения

Формовочная линия FDC предназначена для изготовления литейных форм широкой номенклатуры отливок в опоках с размерами в свету 800 x 750 x 250/250 мм. Формы изготавливаются по сырому с применением единой формовочной смеси. В линии используются опоки «верха» с постоянно закрепленными штырями и опоки низа с постоянно закрепленными втулками. Линия предназначена для работы в цехах мелкосерийного и серийного производства и имеет следующие технические характеристики (табл. 1.1).

Таблица 1.1

#### Основные технические характеристики линии

Наименование параметров	Данные
1. Размер опок, мм: – в свету – высота	750 x 800 250/250
2. Внешние размеры опоки, мм	1010 x 1060
3. Длина поддона (полетной тележки), мм	1080
4. Производительность, форм/ч	100
5. Время цикла, с	36
6. Максимальный вес отливки, кг	120
7. Способ формообразования	пескодувно-прессовый
8. Наибольшее давление прессования, кг	75000
9. Максимальная высота выступающей части «болвана» над ладом опоки, мм	125
10. Управление: – наладочный режим – автоматический режим	кнопочное программируемый контролер
11. Режим работы	автоматический
12. Количество обслуживающего персонала в смену, чел.	11
13. Расход формовочной смеси, м <sup>3</sup> /ч	30



установки «Вибро-Милл» VM-120 для просеивания отработанной смеси, охладитель ANBT-40 для охлаждения отработанной смеси, элеватор «Бауэр-100», дозаторы свежего песка, возврата, крахмалита, бункерной эстакады. Смесеприготовительное отделение оснащено системой автоматики, позволяющей работать в ручном режиме и автоматическом.

Формовочное отделение (рис. 1.1) состоит из узлов и механизмов, которые взаимосвязаны между собой технологическими функциями и базируется на транспортной системе из неприводных роликовых конвейеров (1) с гидротолкателями. Плавность хода опок, форм, полуформ обеспечивается наличием толкающих (2) и тормозящих (3) гидроцилиндров. Последний выполняет функцию торможения, обеспечивая плавность хода форм, полуформ и опок. Нижние и верхние полуформы получают в двух (4, 5) трехстоечных формовочных пресс-автоматах, разделяющих изготавливающих полуформы низа и верха. Нижняя полуформа транспортируется по роликовому рольгангу к кантователю (6), затем переворачивается и перестановщиком (7) устанавливается на тележку – поддон (8) для дальнейшей транспортировки на позиции простановки стержней (9). В это же время верхняя полуформа, пройдя позицию фрезерования литейной чаши (10), и два кантователя (11, 12), подходит к позиции сборки готовой формы. Эту функцию выполняет сборщик форм (13). Собранная форма через зажимное устройство и сдвоенную трансбордерную раму по рельсовому пути попадает на участок заливки, который имеет ручную (14) заливку (аварийный случай) и индукционную заливочную машину У-42 (15).

### Устройство линии

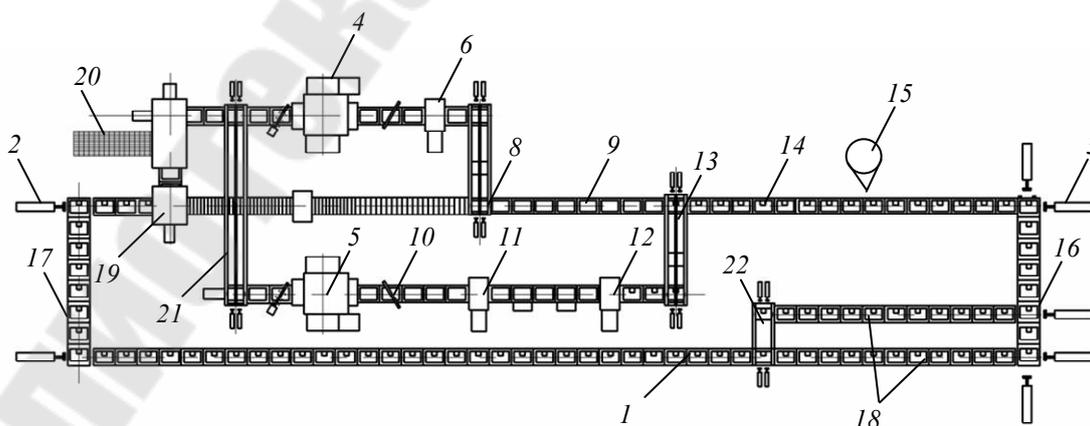


Рис. 1.1. Схема линии ФДК

Залитые формы при помощи трансбордерного устройства (16) транспортируются на охлаждающий участок, имеющий 2 ветви охлаждения (18). После охлаждения залитые формы, пройдя позицию для раскрепления опок, трансбордерное устройство (17), попадают в установку выдавливания кома смеси (19) на выбивную решетку (20). После этой установки очищенные опок подходят к распоровщику (21), который разделяет верхнюю и нижнюю полуформы и направляет их к пресс-автоматам. После установки выдавливания отливки вместе с формовочной землей попадают на двойную выбивную решетку (20), где происходит отделение их от смеси. Формовочная смесь возвращается в смесеприготовительное отделение, а отливки на участок обрубки.

На линии задействованы 115 комплектов опок и 141 тележка для поддонов.

Установка приготовления суспензии включает в себя бак-мешалку  $V = 4,5 \text{ м}^3$  для хранения и поддержания в готовом виде суспензии и дозатор жидких присадок. Указанный дозатор соединен трубопроводами и клапанами с бак-мешалкой и со скоростными смесителями «Промикс».

Транспортная система подачи смеси включает в себя ряд ленточных конвейеров, магнитный сепаратор и элеватор «Бауэр-100», расположенные под линией на отметке 4,0 м. Также ленточные конвейеры соединяют смесеприготовительное отделение с формовочными пресс-автоматами, обеспечивая последние формовочной смесью.

Участок изготовления форм на базе линии оборудован приточно-вытяжной вентиляцией согласно технологическим требованиям.

Линия эксплуатируется в две рабочие смены и обслуживается следующим персоналом (табл. 1.2).

Таблица 1.2

**Состав технологических рабочих,  
необходимых для эксплуатации линии**

Должность	1 смена	2 смена	Итого	Примечание
1. Начальник участка	1	–	1	–
2. Старший мастер (инженер-электронщик)	1	–	1	–
3. Старший мастер (инженер-механик)	–	1	1	–
4. Мастер	–	1	1	–

Окончание табл. 1.2

Должность	1 смена	2 смена	Итого	Примечание
5. Наладчик КИП (оператор)	1	1	2	–
6. Начальник формовочных машин (оператор)	1	1	2	–
7. Формовщик	3	3	6 + 1	1 чел. на время отпуска
8. Земледел	2	2	4	–
9. Заливщик	2	2	4	–
<i>Итого:</i> ИТР – 4 чел.; основные рабочие – 19 чел.				

### **Работа машин и агрегатов**

*Трансбордерное устройство (рис. 1.1, 16, 17)*

Каждая трансбордерная тележка может принимать 6 нагруженных поддонов. И транспортирует их при помощи подъемного цилиндра поперечно к формовочному, заливочному путям и к туннелю охлаждения, куда опоки и сталкиваются. У каждой позиции для загрузки или выгрузки устанавливается одно подающее (2) и одно тормозное (3) устройство.

*Установка выдавливания кома смеси (19)*

Опоки подаются в установку выдавливания и устанавливаются там посредством двух центрирующих цилиндров. Грейферный рукав опускается, захватывает нижнюю опоку снизу и поднимает ее вместе с верхней опокой с поддона. Тележка транспортирует грейферный рукав в позицию над выбивной решеткой. Приставленная к тележке щетка чистит, во время транспортировки опок, полетную тележку.

Установка выдавливания снабжена выталкивающими плитами и скребками, которые выдавливают всю массу формовочной смеси вместе с отливкой из опоки прямо на выбивную решетку. Скребки очищают опоку. Тележка возвращается в начальное положение, и комплект опок подается обратно на поддон.

*Распаровщик (21)*

Поддон, загруженный пустой парой опок, подается посредством трансбордерной тележки (17) в распаровщик и устанавливается в центре посредством двух центрирующих цилиндров. При этом специальные зажимы закрепляют нижнюю опоку за поддон. Грейферный рукав для верхней опоки поднимает ее и транспортирует к пути ОТ (верхняя опока). Опока подается на рольганг формовочной машины. Одновре-

менно освобождаются зажимы нижней опоки, грейферный рукав для нижней опоки поднимает и транспортирует ее на путь ИТ (нижняя опока) и подает на рольганг. Центрирующие цилиндры освобождают поддон. Передающее устройство, установленное на распоровщике, передает верхние и нижние опоки к формовочным автоматам, а поддон транспортируется посредством отдельного подающего устройства.

#### *Формовочный агрегат (4, 5)*

Процесс формообразования на формовочных машинах ИТ (нижняя опока) и ОТ (верхняя опока) одинаков.

Когда опока находится в формовочной машине, подъемный стол формовочной машины вместе с автоматически закрепленным на нем носителем модельной плиты поднимается до высоты опоки, снимает ее с рольганга и поднимает до высоты наполнительной рамки, в положение надува смеси. Одновременно определяется потребное количество смеси, для этого устанавливается промежуток между верхней кромкой опоки и нижней кромкой плиты впрыскивающего механизма (посредством наполнительной рамки). Этот процесс устанавливается автоматически (первый раз установить вручную). В результате надува промежуток наполняется смесью, которая при этом предварительно уплотняется. Эффект процесса впрыскивания достигается с помощью шести клапанов, которые смонтированы вокруг цилиндра для впрыска. Отвод воздуха происходит через щели между носителем подмодельных плит и опокой, а также через венты в раме наполнителя и в плите для впрыска. Затем происходит допрессовка смеси путем движения формовочного стола агрегата навстречу плите для впрыска. Давление можно установить бесступенчато до максимума 7500 кг. Одновременно закрываются клапаны для впрыска, и шахта заполняется свежей смесью для нового впрыска. Наполнение смесью происходит при помощи механизма наполнения и ограничивается уровнем.

По окончании процесса прессования стол опускает опоку медленно на рольганг, при этом полуформа отделяется от модели и рамка наполнения опускается в исходное положение, так же как и стол формовочного агрегата. При опускании носителя происходит протяжка.

#### *Смена моделей*

Устройство для смены модельных плит входит в состав формовочных машин состоит из подъемного стола с роликами и рольганга. Носители модельных плит легко заменяются во время рабочего цикла формовочного агрегата. Подъемный стол поднимает заменяемый носитель модельной плиты из поворотного рукава вверх на высоту рольганга. Пока

следующий носитель подмодельной плиты движется с подъемного стола на рольганг, новый носитель подмодельной плиты опускается вниз до положения готовности к приему поворотного рукава, который с поворотом транспортирует его в формовочный агрегат. Одновременно выполняется обдувка стола сжатым воздухом и дополнительная очистка его при помощи щеток, установленных в поворотном рукаве. В работе линии предусмотрен режим поочередной формовки двух комплектов моделей, основанный на их автоматической замене.

#### *Автоматическая смена моделей*

1. Работа без смены модели (программа 1). Цилиндр прессы не идет в нижнее положение и не опускает носители подмодельных плит в поворотный рукав. Поворотный рукав не поворачивается. Выполняется работа с одной моделью.

2. Работа с двумя моделями (программа 2). Цилиндр прессы опускается в нижнее положение (в зависимости от цикла работы). Поворотный рукав поворачивается и обеспечивает возможность смены моделей и их подготовки (чистка, обдувка). Поворот поворотного рукава осуществляется нажатием кнопки (втягивание цилиндра), рукав поворачивается и сменная модель оказывается в формовочной машине.

#### *Фреза для литника (10)*

Фрезеровщик литника находится на рольганговой ветви верхних опок между формовочной машиной и первым кантователем. Посредством этого механизма происходит фрезерование литника в верхней полуформе. Можно выбрать разные позиции размещения воронки в ручном режиме, затем следует автоматический рабочий пресс.

#### *Кантователь (6, 11, 12)*

В формовочной линии смонтированы три кантователя одинаковой конструкции. Верхняя полуформа кантуется с помощью первого кантователя для визуального осмотра опечатки модели. Второй кантователь кантует полуформу обратно в рабочее положение под сборку формы. На рольганге нижней полуформы расположен только один кантователь, который переворачивает полуформу низа ладом вверх – в рабочее положение. Кантователи снабжены гидродвигателями и цепными приводами. Дроссельные клапаны в конечных положениях амортизируют удары.

#### *Устройства для перестановки нижних и верхних полуформ (7, 13)*

Оба механизма сборки работают по одинаковому принципу. Механизм для перестановки нижних полуформ принимает опоку низа на пути ИТ, фиксирует ее в механизме при помощи центрирующих цилиндров и тормозного устройства. При помощи грейферного рука-

ва опока транспортируется на путь установки стержней. Механизм перестановки верхних полуформ выполняет те же функции, что и механизм перестановки нижних полуформ, собирая верхние полуопоки с нижними полуформами. Оба привода снабжены тормозными узлами, которые тормозят полуопоки на формовочных путях.

#### *Устройство для скрепления и раскрепления опок*

Загруженный опокой поддон подается в механизм и устанавливается в центре посредством двух центрирующих цилиндров. Два вертикальных цилиндра опускаются вниз на два болта для крепления опоки. В нижнем положении вращаются болты при помощи цилиндра и выполняют поворот на 90°. Оба вертикальных цилиндра поднимается вверх, в результате чего снимается нагрузка с болтов, нижние и верхние полуопоки между собой будут или скреплены или раскреплены.

#### *Сдвоенные тележки (22)*

Сдвоенные тележки могут поднимать по два выгруженных поддона, транспортировать их с помощью подъемного цилиндра поперечно к разливочному пути и поперечно к туннелю охлаждения, а затем сталкивать их. Цилиндр в механизме выполняет функции тормозного при приемке опоки и подающего при сталкивании опоки с тележки.

### **Практическая часть**

1. Ознакомьтесь с устройством и работой узлов и механизмов формовочной линии. Изучить технологическую схему организации производства отливок на линии FDC. Произвести оценку фактической производительности путем подсчета количества изготовленных форм за весь период наблюдения.

2. Используя секундомер, произвести хронометраж технологических операций, выполняемых в автоматическом режиме для следующих узлов формовочной линии: формовочный автомат, шаговый конвейер, заливочное устройство, механизм пригрузки форм. Полученные данные занести в табл. 1.3.

*Таблица 1.3*

#### **Данные о техническом процессе**

№ п/п	Наименование операции	Длительность, с	Длительность простоя по организационным причинам, с	Длительность простоя по техническим причинам, с	Примечание

3. Рассчитать теоретически возможные параметры производительности работы АФЛ по методике, изложенной в приложении.

4. Дать оценку эффективности использования формовочного оборудования, рассмотрев возможность повышения производительности.

5. Выполнить эскиз механизмов линии (по указанию преподавателя).

### **Контрольные вопросы**

1. Принцип формообразования, используемый на АФЛ, его особенности и характеристики.

2. Рабочий цикл формовочного автомата (последовательность операций).

3. Характеристика транспортной системы автоматической формовочной линии.

4. Структурная схема линии и ее характеристики.

5. Устройство и работа распаровщика.

6. Устройство и работа трансбордерной рамы.

7. Смена модельной оснастки на линии.

8. Устройство и работа сдвоенной тележки.

9. Классификация линии согласно основным признакам.

10. Оценка гибкости работы и эффективности эксплуатации линии.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Автоматическая формовочная линия Formatic

*Цель работы:* ознакомиться с устройством и работой АФЛ, исследовать параметры производительности, произвести анализ и оценить гибкость работы линии.

#### Теоретическая часть

##### Состав линии и ее характеристики

АФЛ Formatic служит для получения отливок из серого и высокопрочного чугуна в безопочных формах с горизонтальной линией разъема. Базовым агрегатом линии (рис. 2.1) является формовочная машина, которая изготавливает одновременно верхнюю и нижнюю полуформу с использованием вакуумной технологии в сочетании с последующим прессованием к модели. Стержни могут быть легко уложены в нижнюю полуформу, расположенную горизонтально на поворотном столе, после чего обе полуформы соединяются в единое целое. Перемещаясь по конвейеру формы, образуют плотную колонну, а также зажимаются с боков специальными приспособлениями, выполняющими функцию опок.

Диапазон использования установок Formatic – мелкие и средние отливки крупносерийного и серийного производства.

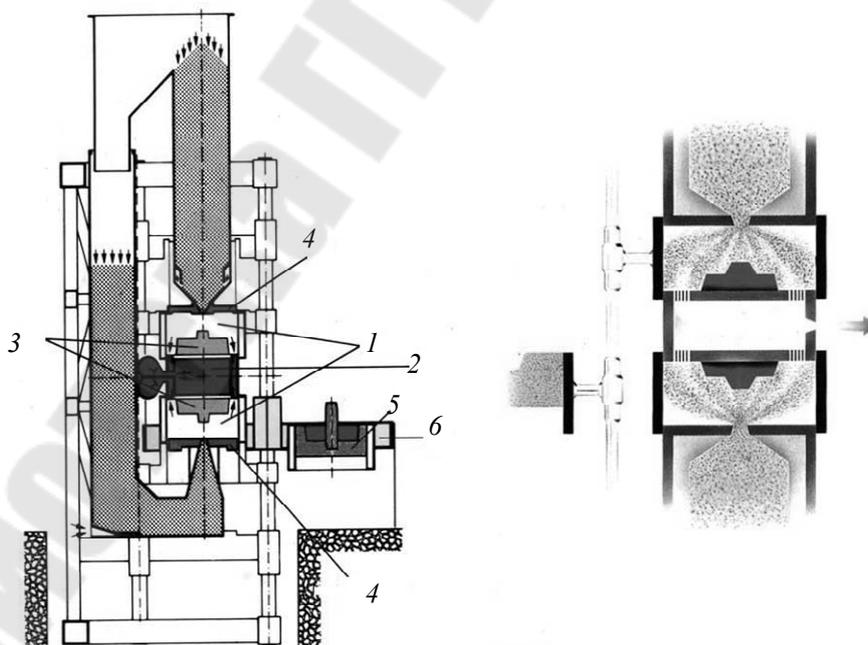


Рис. 2.1. Схема базового формовочного агрегата линии Formatic: 1 – формовочная камера; 2 – камера вакуумирования; 3 – модели; 4 – пескодувно-прессовая плита; 5 – полуформа низа на позиции протановки стержней; 6 – поворотный двухпозиционный стол

В табл. 2.1 приведена краткая техническая характеристика АФЛ Formatic.

Структура линии, основные узлы и агрегаты представлены на рис. 2.2.

Таблица 2.1

**Техническая характеристика АФЛ Formatic**

Наименование параметра	Параметр
1. Давление прессования, кгс/см <sup>2</sup>	3,8–9,3
2. Размеры полуформ, мм: – нижняя – верхняя	720 × 720 × 150–300 720 × 720 × 150–300
3. Линия разъема, мм: – верхняя грань – нижняя грань	270 250
4. Углубленная модель, мм	180
5. Производительность, форм/ч: – с укладкой стержней – без укладки стержней	135 150
6. Количество позиций: – для укладки стержней – для заливки	1 8
7. Грузы, шт.	19
8. Охлаждающий участок форм	45
9. Тактовое время, с	26,6/24
10. Время заливки, с	20,6/18
11. Время нагружения форм, мин	8,1/7,6
12. Время охлаждения, мин	20/18
13. Теоретический расход песка, м /ч	65–77

Состав линии:

- 1) формовочный автомат (типа Formatic) с пневматическими, гидравлическими и электрическими узлами;
- 2) устройство смены моделей;
- 3) шагающий конвейер;
- 4) устройство наложения и снятия грузов;
- 5) транспортер охлаждения форм;
- 6) выбивная решетка;
- 7) система подачи и дозирования смеси.

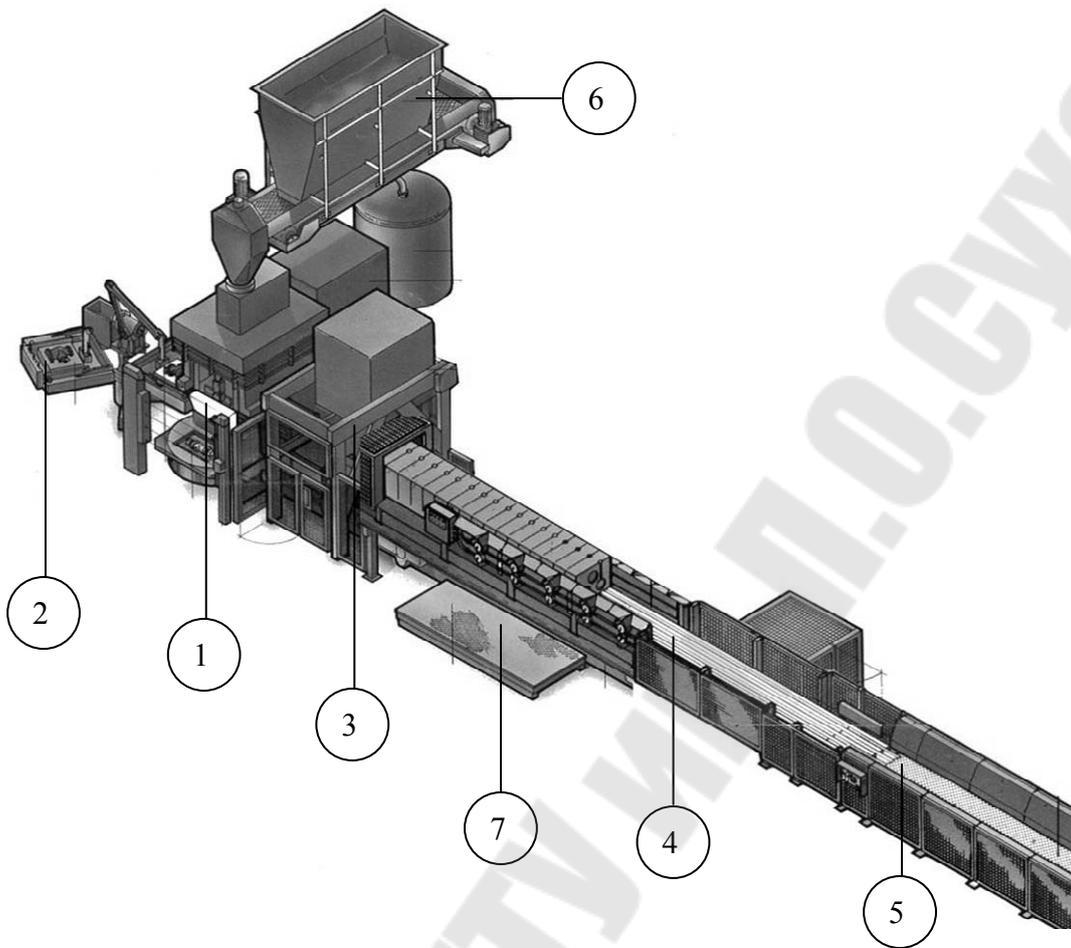


Рис. 2.2. Схема АФЛ Formatic:

- 1 – формовочный автомат; 2 – устройство замены моделей;  
 3 – устройство наложения пригрузов; 4 – шаговый конвейер;  
 5 – синхронный ленточный конвейер; 6 – устройство дозирования и подачи  
 формовочной смеси; 7 – заливочная площадка

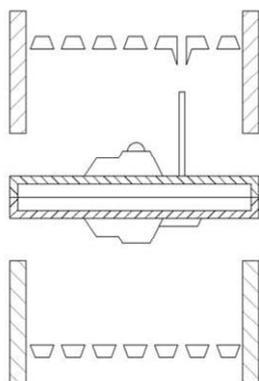
### *Цикл работы формовочного блока*

Цикл работы блока состоит из 9 тактов, выполнение операций фиксируется на мнемощите световыми сигналами. Каждый такт включает несколько операций.

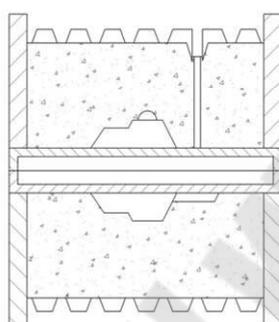
*Такт № 1. Подготовка:*

1) верхнюю формовочную камеру опустить, нижнюю поднять до соприкосновения с подмодельными плитами, обе формовочные камеры должны войти в подмодельную плиту на глубину 10 мм;

2) верхнюю прессующую (надувную) плиту установить на высоту, соответствующую положению вдува (выстрела) смеси.

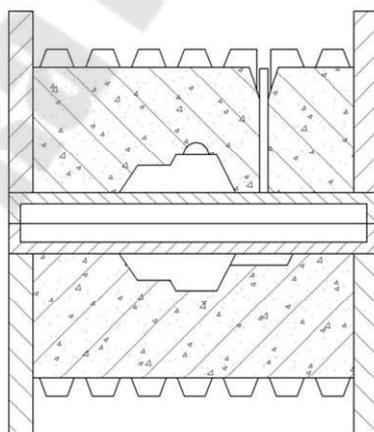


*Такт № 2. Вдув (выстрел) смеси:*



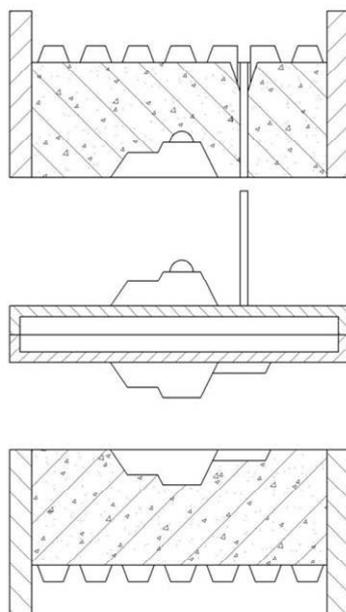
*Такт № 3. Прессование:*

- 1) прессующую плиту верхнюю опустить;
- 2) прессующую плиту нижнюю поднять;
- 3) верхняя и нижняя камера в плавающем состоянии.



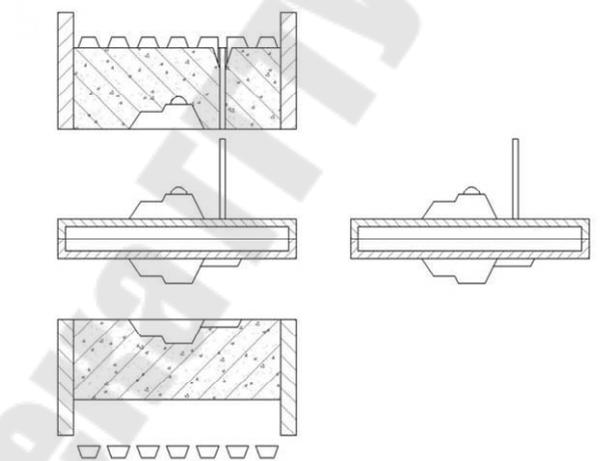
*Такт № 4. Протяжка:*

- 1) верхнюю прессующую плиту поднять;
- 2) нижнюю прессующую плиту опустить;
- 3) формовочная камера в плавающем состоянии.



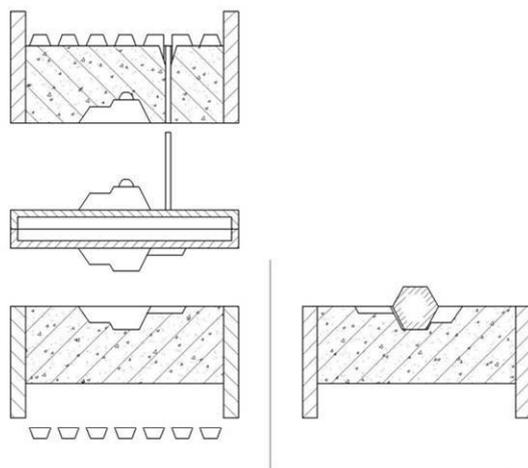
*Такт № 5. Смена позиций:*

- 1) модельную плиту (с выталкивателем) выкатить из блока;
- 2) повернуть карусель с нижними камерами;
- 3) вложить стержни.

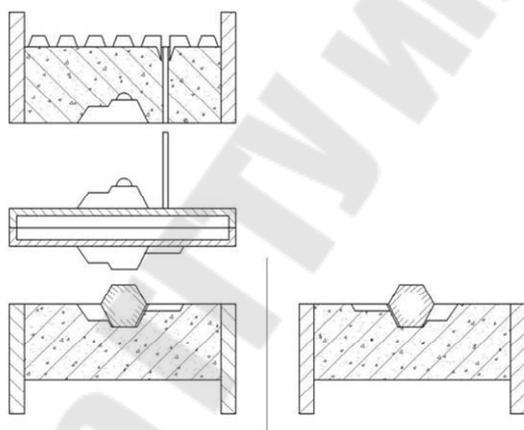


*Такт № 6. Сборка формы:*

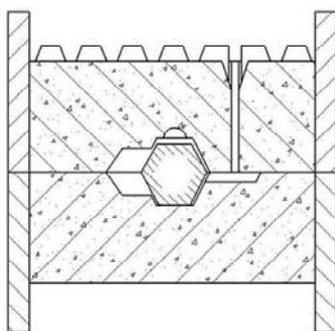
- а) верхняя полуформа:
  - установка верхней камеры – опустить верхнюю плиту (вместе с камерой и полуформой);
- б) нижняя полуформа:
  - установка нижней камеры – поднять нижнюю плиту (вместе с камерой и полуформой);
  - камера верхней рамы плавает.



- Такт № 7.* Снятие камеры с верхней полуформы:
- 1) верхнюю формовочную камеру снять вверх;
  - 2) верхнюю прессующую плиту поднять на высоту, соответствующую въезду модельного комплекта.

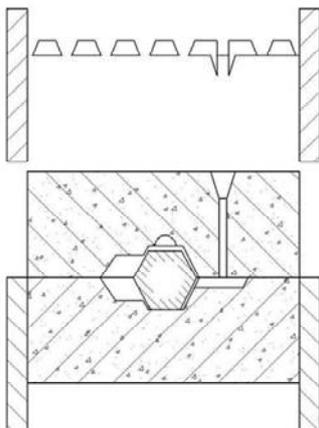


- Такт № 8.* Снятие камеры с нижней полуформы:
- 1) нижнюю формовочную камеру снять вниз;
  - 2) нижнюю прессующую плиту перевести на уровень сталкивания.



*Такт № 9. Выдача формы:*

- 1) выталкиватель с модельной плитой вкатить в блок;
- 2) нижнюю прессующую плиту установить на высоту, соответствующую положению вдува.



*Номенклатура изготавливаемых отливок  
и модельных комплектов*

Технологические возможности линии позволяют изготавливать отливки со следующими характеристиками: глубокие карманы, часто расположенные ребра, перепады высот, развитые горизонтальные поверхности, а также предусматривает высокую плотность расположения моделей на плите.

В качестве материалов для моделей следует использовать алюминий или серый чугун. При небольшой серийности возможно применение моделей из дерева.

Финишная операция (при изготовлении) поверхности моделей – полирование вручную, после механической обработки.

Накопленный опыт позволил фирме изготовителю перейти к решению проблемы освоения пескодувно-прессового процесса применительно к изготовлению форм в опоках с размерами 1400 x 1200 x 400 мм с производительностью 120 форм/ч.

Для изготовления формовочных смесей используют песок формовочный марки ОбК02 ГОСТ 2138–84, с влажностью до 0,5 %, температурой не более 30 °С, бентонит болгарский активизированный, уголь пылевидный ТУ 12–1–1–76, экструзионный крахмалосодержащий реагент (ЭКР) ТУ18–8–14–86, вода техническая.

Для приготовления смеси применять только материалы, прошедшие входной контроль, с обязательным выполнением требований по их хранению.

### *Модельные комплекты*

К особенностям модельных комплектов следует отнести то, что их размеры в свету  $680 \times 680$  мм отличаются от размеров полуформ в плане –  $720 \times 720$  мм. Следовательно, надо отличать размер от края модели до края формы и размер от края модели до края подмодельной плиты. Это особенность предъявляет повышенные требования к допуску на размер подмодельной плиты по высоте  $h = 20 + 0,05$  мм. Несоблюдение допусков способствует образованию заливов и прорыву металла. Модели выполняют из алюминиевых сплавов.

Габариты полуформ и форм в плане  $720 \times 720$  мм, т. е. полуформы в плане представляют собой квадрат. Эта особенность обусловлена пескодувно-прессовым методом формообразования и способствует формированию равномерных потоков песчано-воздушной смеси при заполнении формовочных камер и фильтрационных потоков воздуха при доуплотнении выдутой смеси.

Высота полуформ низа и верха регулируются независимо друг от друга в пределах 150–300 мм.

Размеры полуформ низа в плане несколько больше, чем размеры полуформ верха, что определяется разностью допусков на внутренние размеры формовочных камер верха и низа.

Это предупреждает сдвиг полуформы верха относительно полуформы низа при стыковке форм в стопку на шагающем конвейере.

### *Поверхностная твердость полуформ*

На вертикальных стенках полуформ 90–95 ед. тв. На разъеме полуформ 85–90 ед. тв. В области стояка 85–90 ед. тв. На отпечатке модели 80–85 ед. тв. В углах полуформ 70–75 ед. тв.

В отдельных случаях на стенках глубоких болванов и карманов, на вертикальных и наклонных стенках поверхностная твердость снижается до 70–80 ед. тв., но является технологически достаточной для получения качественных отливок. Местные рыхлоты в ряде случаев объясняются низким качеством поверхности модели. Неравномерность распределения поверхностной твердости на отдельных участках полуформы находится в пределах ошибки измерения. Четкость отпечатков моделей, определяемая визуально, достаточная. Местные прорывы кромок объясняются некачественным заполнением моделей.

### *Смена и осмотр моделей*

Смена модельных комплектов выполняется обслуживающим персоналом линии вручную, в рабочее время и в зависимости от подготовленности участка занимает от 15 до 90 мин.

Участок хранения моделей расположен рядом с формовочным блоком. Модельные комплекты размещаются на этажерках. Для смены нижнего модельного комплекта тележка носителя кантуется на  $180^\circ$ , для осмотра на  $90^\circ$ .

Простановка стержней осуществляется на второй позиции блока вручную. При малом количестве и весе стержней простановку осуществляет оператор. При необходимости ему помогает простановщик стержней.

### *Нагрузка форм*

При нагружении форм на полуформу верха накладывается груз массой 425 кг. Конфигурация груза открывает доступ к литниковой чаше, которая может быть расположена сбоку, на центральной оси формы и в углы. Груз опирается на форму нижней плоскостью общей площадью  $1850 \text{ см}^2$ , выполненной в виде полос.

После снятия груза на верхней полуформе следы от груза отсутствуют. Удельное давление груза на форму составляет ориентировочно  $0,23 \text{ кгс/см}^2$ , что значительно меньше давления на смесь при прессовании. Сечение груза в направлении перемещения имеет форму неправильного двутавра. Опора груза в плане несимметрична и позволяет заливать форму только с одной стороны, справа по ходу движения формы. Нижняя часть груза открывает доступ к обоим возможным положениям литниковой чаши и открывает проход для щупа грузоукладчика. Высота груза со стороны заливки 130 мм, что не позволяет приблизить уровень заливочного отверстия к литниковой чаше и снизить гидростатический напор при заливке.

### *Выбивка отливок*

Выбивка осуществляется на инерционной выбивной решетке, уровень которой расположен на 100 мм ниже уровня ленточного конвейера. Полное разрушение формы и очистка отливок от формовочной смеси происходит на первом метре движения отливок по полотну решетки, что объясняется предварительным разрушением форм на ленточном конвейере.

### *Особенности заливки форм*

Заливка форм осуществляется с помощью автоматизированной установки на одной из заливочных позиций, предусмотренных конструкцией линии. Обычно заливают вторую форму после позиции нагрузки. Во время заполнения миксером машины металлом из раздаточного ковша заливка форм прекращается. Заполнение миксера жидким металлом длится 5 мин.

Окончание заливки форм определяет заливщик визуально. Расчетная весовая скорость заливки форм для освоенной номенклатуры отливок составляет 1,7–3,1 кг/с, в действительности скорость заливки ниже, чем расчетная, т. к. линия работает с цикловой производительностью 60–70 форм/ч.

### *Положительные особенности АФЛ Formatic*

1. Отсутствие затененных областей при вдуве как следствие направления вдува смеси перпендикулярно подмодельным плитам.
2. Равномерное предварительное уплотнение смеси при вдуве в верхние и нижние формовочные камеры.
3. Незначительный износ моделей.
4. Возможность применения неметаллических моделей, например, деревянных и пластмассовых.
5. Точная взаимная фиксация формовочных камер и модельных комплектов в течение всего процесса формообразования с помощью направляющих штифтов.
6. В формовочных камерах для отвода воздуха во время вдува имеются венты и вентиляционные каналы, обеспечивающие отвод отработанного воздуха от рабочих мест.
7. Для удобства простановки стержней нижняя полуформа перемещается за пределы позиции формообразования.
8. Продуманная конструкция обеспечивает удобство обслуживания, в частности удобство замены быстроизнашиваемых деталей, например облицовочных плит.
9. Возможность формовки сложных болванов.
10. Быстрая смена модельных комплектов, не вызывающая снижения производительности.
11. Возможность оптимального поддержания соотношения весов металла и смеси в форме, что достигается независимой регулировкой высоты верхней и нижней полуформ.

### Брак при изготовлении форм

1. Некачественный наддув полуформ.
2. Разрушение полуформ при протяжке моделей.
3. Смещение полуформ при сборке.
4. Превышение габарита форм по длине.
5. Образование трещин и разрушений форм при наложении груза и перемещении форм по шагающему конвейеру.
6. Прорывы металла при заливке.

### Схема устройства и работы шагающего конвейера

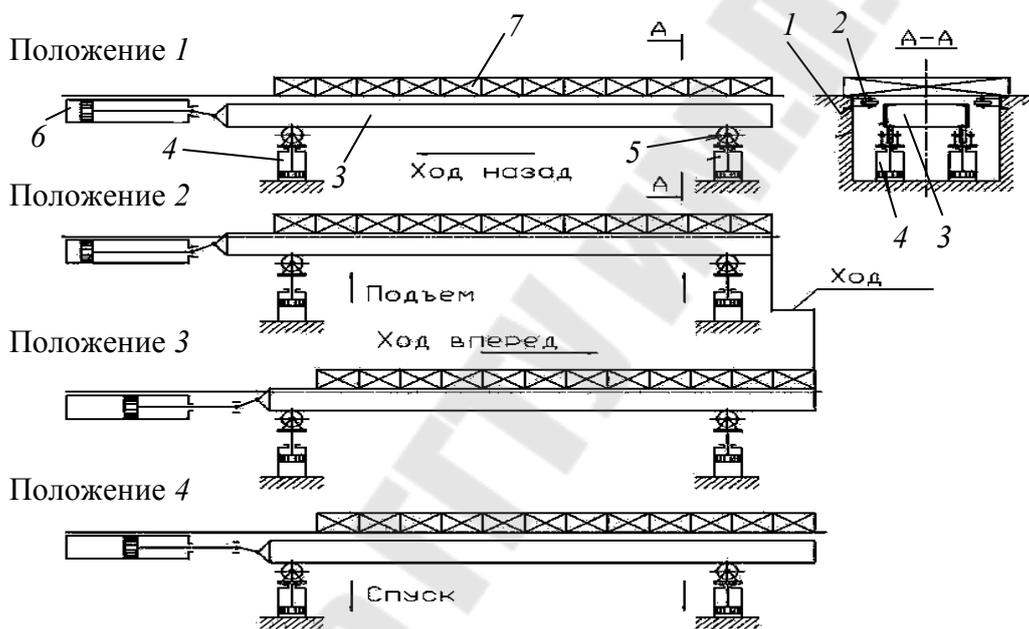


Рис. 2.3. Схема шагающего конвейера

Схема устройства и работы шагающего конвейера с гидравлическим приводом показана на рис. 2.3.

Конвейер состоит из неподвижной рамы 1 с направляющими боковыми роликами 2, подвижной рамы 3, нескольких подъемников 4 с опорными катками 5 и привода 6 для возвратно-поступательного перемещения рамы 3 в горизонтальной плоскости. Подъемники устанавливаются через каждые 3–5 м вдоль конвейера и служат для подъема и опускания рамы 3, т. е. перемещения ее в вертикальной плоскости. В положении 1 формы расположены на неподвижной раме, подвижная рама опущена и находится в крайнем левом положении; в положении 2 подвижная рама поднимается подъемниками на 10–15 мм

выше уровня неподвижной рамы и приподнимает на себе формы; в положении 3 включается привод горизонтального перемещения, и подвижная рама в поднятом положении вместе с расположенными на ней формами подвигается вперед на один шаг; в положении 4 подвижная рама опускается и устанавливает формы на неподвижную раму. После этого привод возвращает подвижную раму в исходное положение. За один цикл работы шагающего конвейера все формы, расположенные на нем, перемещаются на один шаг вперед через равные промежутки времени. Включение подъемников и привода горизонтального перемещения рамы производится автоматически в определенной последовательности и регламентируется по времени при помощи командоаппаратов.

Рассмотрим конвейер данного типа, установленный на АФЛ 2013 МК5, который представляет собой транспортер с плавающим зажимно-транспортным устройством и собственной гидравлической установкой. Цепочка форм перемещается вперед от формовочной машины через зоны заливки, затвердевания и охлаждения без повреждений и сдвигов. Синхронизация движений формовочной машины и автоматического конвейера форм обеспечивает равномерное распределение давления между формами. Благодаря этому формы способны выдерживать металлостатическое давление без деформации поверхности при смыкании форм в цепочку и дальнейшем ее перемещении. При транспортировке формы расположены на одной плоскости, что способствует сохранности полости формы до момента извлечения из нее отливки. Длина АКФ 12 или 18 м.

### **Практическая часть**

1. Ознакомиться с устройством и работой узлов и механизмов формовочной линии. Изучить технологическую схему организации производства отливок на линии Formatic. Произвести оценку фактической производительности путем подсчета количества изготовленных форм за весь период наблюдения.

2. Используя секундомер, произвести хронометраж технологических операций, выполняемых в автоматическом режиме для следующих узлов формовочной линии: формовочный автомат, шаговый конвейер, заливочное устройство, механизм пригрузки форм. Полученные данные занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

### Данные о техническом процессе

№ п/п	Наименование операции	Длительность, с	Длительность простоя по организационным причинам, с	Длительность простоя по техническим причинам, с	Примечание

3. Рассчитать теоретически возможные параметры производительности работы АФЛ по методике, изложенной в приложении.

4. Дать оценку эффективности использования формовочного оборудования, рассмотрев возможность повышения производительности.

5. Выполнить эскиз механизмов линии.

#### Контрольные вопросы

1. Принцип формообразования, используемый на АФЛ, его особенности и характеристики.

2. Рабочий цикл формовочного автомата (последовательность операций).

3. Назначение и условия работы шагового конвейера, принцип транспортирования.

4. Структурная схема линии и ее характеристики.

5. Принцип пескодувного заполнения и уплотнения формовочной смеси в камере.

6. Устройство и работа механизма пригрузки форм.

7. Смена модельной оснастки на линии.

8. Центрирование элементов формы при ее изготовлении и сборке.

9. Классификация линии согласно основным признакам.

10. Оценка гибкости работы и эффективности эксплуатации линии.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Автоматическая линия импульсной формовки

*Цель работы:* ознакомиться с устройством и работой АФЛ, исследовать параметры производительности, произвести анализ и оценить гибкость, работы линии.

### Теоретическая часть

#### Состав линии и ее характеристики

Автоматическая линия импульсной формовки (АЛИФ) предназначена для формовки песчано-глинистых полуформ в опоки с размерами в свету  $960 \times 700$  мм. Высота верх/низа 300/300. Метод уплотнения – импульсная формовка. На линии производятся операции: установки стержней, сборки форм, заливки форм металлом, охлаждения и выбивки. Все операции на линии за исключением установки стержней и заливки осуществляются в автоматическом режиме. Линия позволяет применять механизированную и автоматизированную заливку. Опоки, полуформы и формы транспортируются приводными рольгангами, толкателями по неприводным рольгангам, тележечным конвейером и транспортером. Установка импульсной формовки предназначена для изготовления верхних и нижних полуформ.

*Таблица 3.1*

#### Основные технические характеристики линии

Наименование параметров	Данные
Размеры опок в свету, мм	$960 \times 700 \times 300/300$
Масса отливки в форме, кг	до 130
Давление воздуха в импульсной головке, МПа	6–12
Установленная мощность, кВт	80
Цикловая производительность, форм/ч	60
Габариты, мм	$13480 \times 6150 \times 6630$
Масса, кг	67490
Коэффициент использования	0,65
Максимальная высота части «болвана» над ладом опоки, мм	150
Количество обслуживающего персонала в одну смену	5
Расход формовочной смеси, м/ч	56

Продолжение табл. 3.1

Наименование параметров	Данные
Расход формовочной смеси:	
а) влажность, %	3–3,5
б) сырая прочность, кгс/см	0,6–0,8
в) газопроницаемость, ед.	НО
Удельная масса (масса отливок)	2228
Электрооборудование :	
а) род тока питающего сети	3-фазный переменный
б) частота, Гц	50
в) напряжение, В	380
Характеристика напряжения электрооборудования линии:	
а) электродвигатели (переменного тока), В	380
б) электромагниты (переменного тока), В	110
в) цепи управления (постоянного тока), В	24
г) цепи управления (переменного тока), В	ПО
д) сигнализация, В	24
Суммарная мощность всех электродвигателей, кВт	160
Удельный расход электроэнергии, кВт · ч/кг (масса отливок)	0,0022
Гидрооборудование:	
а) давление в гидросистемах, МПа:	
– низкого давления	5
– высокого давления	20
Емкость бака гидросистемы, л	7600
Типы насосов:	
а) насос пластинчатый левого вращения:	
– давление, МПа;	3–5
– производительность, л/мин;	200
б) насос аксиально-поршневой:	
– производительность, л/мин;	14,5
– давление, МПа	17–20
Пневмооборудование:	
а) давление сжатого воздуха, МПа:	
– в цеховой сети;	0,4–0,6
– в сети высокого давления;	6–12
б) расход сжатого воздуха, МПа:	
– высокого давления для уплотнения смеси;	6–12
– низкого давления для уплотнения смеси;	0,4–0,6
в) удельный расход сжатого воздуха, м/кг:	
– высокого давления для уплотнения смеси;	0,044
– низкого давления для уплотнения смеси	0,033

Наименование параметров	Данные
Система смазки: подача густой смазки	жировой УС-1 (ГОСТ 1033–79) или «ЦИАТИМ-201» (ГОСТ 6267–74)
Длительность процесса уплотнения, с	0,02–0,04
С учетом времени удаления воздуха, с	до 1

### Требования к номенклатуре отливок

Номенклатура отливок для линии должна отвечать следующим требованиям:

- 1) группа сложности отливок – 1–4;
- 2) вес отливок не более 57 кг.

Перечень составных частей линии:

1. Установка импульсной формовки (2 установки).
2. Механизм выдавливания (2 установки).
3. Механизм выталкивания.
4. Гидрооборудование.
5. Электрооборудование.

### Устройство, работа линии и ее составных частей

1. После выбивки (рис. 3.1) пустые спаренные опоки роликовым конвейером (1) подаются к рольгангу задачи опок (2), сталкиваются на последний, толкателем (3) и далее подаются на позицию распаровки (4). Здесь опоки подъемным столом (5) поднимаются в верхнее положение. При опускании стола вниз опока «верха» заводится на откидных планках. Затем челночным механизмом (6) перемещения опока передается до формовки на импульсном агрегате (7). После этого на стол импульсного агрегата механизмом подачи подмодельных плит (8) подается модельная плита «верха». При ходе стола импульсного механизма модельная плита снимается с механизма подачи модельных плит, снимает опоку с механизма перемещения опок. При этом штыри опок входят во втулки модельной плиты.

До этого момента траверса агрегата импульсного уплотнения, состоящая из импульсной головки и дозатора для формовочной смеси, перемещается так, что дозатор устанавливается над системой «подмодельная плита – опока – наполнительная рамка».

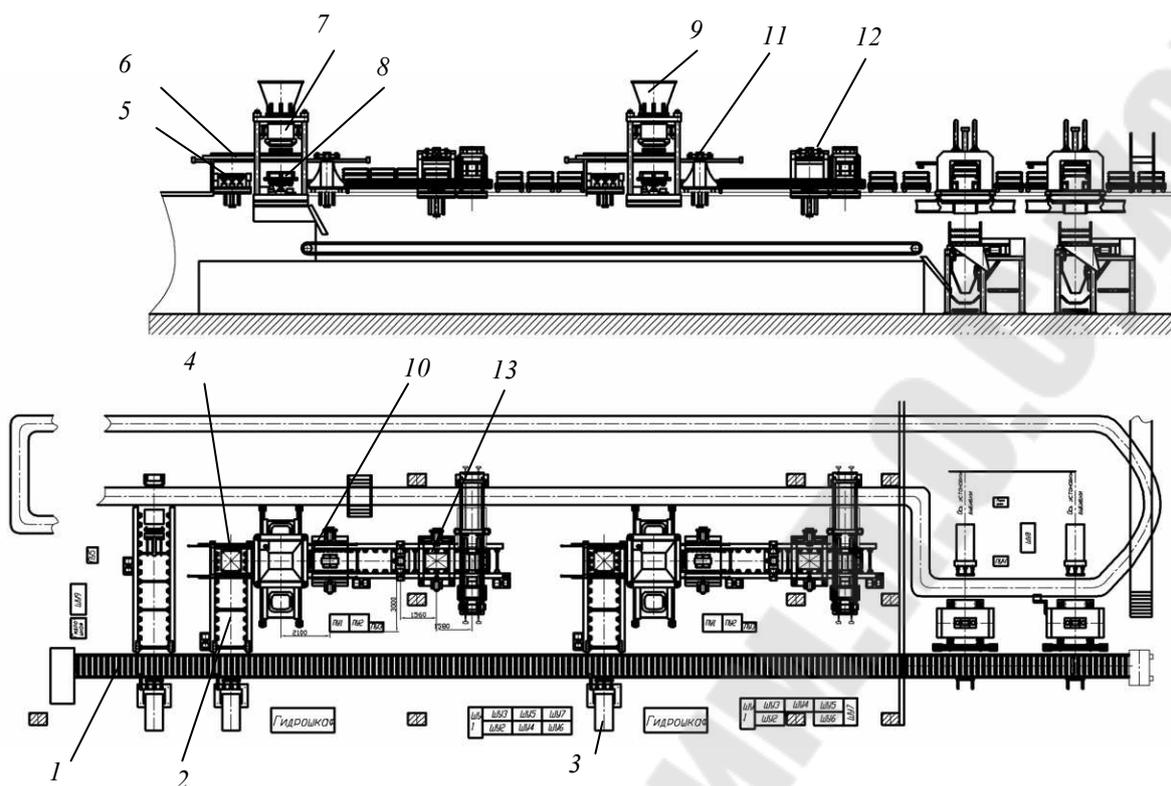


Рис. 3.1. Схема автоматической линии АЛИФ

2. Подъемный стол прижимает эту систему (комплект) к дозатору, и конечный выключатель, контролирующий прижим, дает команду открыть шибер дозатора. В опочно-модельный комплект засыпается формовочная смесь. Реле времени после необходимой выдержки дает команду на закрытие жалюзей шибера. Гидроупоры отжимают систему (комплект); подмодельная плита, опока, наполнительная рамка от дозатора траверса перемещаются в исходное положение. При этом импульсная головка устанавливается над опокой.

3. Уплотняющий механизм (рис. 3.2) – импульсная головка представляет собой сосуд постоянного объема, внутри которого находится клапан. Давление сжатого воздуха в импульсной головке составляет  $60\text{--}120\text{ кгс/см}^2$ .

После заполнения опоки и наполнительной рамки формовочной смесью импульсная головка прижимается к наполнительной рамке и удерживается в течение нескольких секунд, пока идет наполнение головки воздухом и уплотнение смеси.

Давление сжатого воздуха, создаваемое в импульсной головке, является единственным и определяющим фактором для получения заданной степени уплотнения форм.

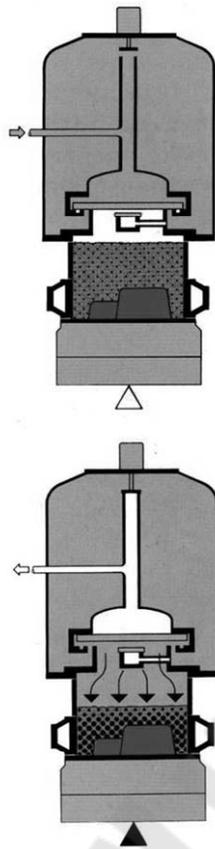


Рис. 3.2. Уплотняющий механизм

Сжатый воздух высокого давления от компрессора через распределитель подается в надклапанную полость и через обратный клапан и трубопровод в полость головки.

После заполнения головки воздухом до необходимого давления распределитель соединяет трубопроводы с атмосферой. При этом воздух из полости сбрасывается в атмосферу. Полость остается при этом запертой обратным клапаном. За счет разности давления в полостях клапан поднимается и воздух из полости через отверстие в седле подается в технологическую полость.

При открытии клапана формовочная смесь под действием давления движущегося воздуха с большим ускорением перемещается в сторону подмодельной плиты с моделью. При соприкосновении с поверхностью модели или подмодельной плиты в результате резкого торможения смесь уплотняется под действием кинематической энергии столба смеси и высокого давления.

Отработанный воздух из полости прессования (равный объему наполнительной рамке) через специальные отверстия, расположенные у нижнего фланца наполнительной рамки, удаляется по воздухопроводу за пределы рабочей зоны или цеха.

При наличии вент в подмодельной плите по мере фильтрации через уплотненную формовочную смесь воздух удаляется через них. Давление воздуха в полости прессования в начальный момент создается 10–12 кгс/см<sup>2</sup> и затем убывает до 2–3 кгс/см<sup>2</sup> в направлении подмодельной плиты (лада опоки). Длительность процесса уплотнения составляет 0,02–0,04 с, а с учетом времени удаления отработанного воздуха доходит до одной секунды.

После импульса происходит опускание стола импульсного агрегата. Опока зависает своими ладами на механизме перемещения опок, а подмодельная плита опускается со столом, осуществляет протяжку модели.

С помощью подъемного стола опока «верха» или «низа» попадает в кантователь (10), проходя под механизмом срезки, который срезает рыхлый верхний слой формовочной смеси. Прижимами, расположенными в рамах кантователя, опока поднимается, рама механизма подачи опок убирается и полуформа кантуется. После этого к опоке поднимается стол кантователя. Прижимы, удерживающие опоку, расходятся и стол с опокой «верха» опускается, опока передается по рольгангу выдачи опок. После ухода опоки с кантователя последний возвращается в исходное положение.

Позиция кантователя совмещена с устройством фрезерования литейной воронки, где осуществляется ее фрезерование и заглаживание полуформы верха. Полуформа верха перемещается до рольганга выдачи, не доходя до фрезерования чаш срабатывает конечный выключатель и дает команду на электродинамическое торможение привода «рольганг заторможен». При перемещении полуформ на позицию фрезерования чаш срабатывает конечный выключатель на позиции фрезерования и дает сигнал на зажим центров, выключение привода «центры зажаты, привод выключен», срабатывает реле давления и дает сигнал на подъем фрезы и выключает привод механизма фрезерования чаш. При подъеме фрезы и вращении ее на малых оборотах происходит фрезерование чаш.

При переходе фрезы в верхнее положение срабатывает конечный выключатель – «фреза в верхнем положении, фрезерована литниковая воронка» и дает сигнал на переключение привода с малых на большие обороты, от центробежных сил расходятся колодки фрезы и заглаживают поверхность литниковой воронки в течение 2–3 с, срабатывает реле времени «воронка заглажена» и дает сигнал на опускание фрезы в исходное положение.

При опускании фрезы в исходное положение срабатывает конечный выключатель – «фреза в исходном положении» и дает команду на

выключение привода фрезы, разжатие центров и включение привода рольганга «фреза включена, центры разжаты, включен рольганг».

Полуформа низа, пропуская позицию фрезерования, кантуется и подается на рольганг, где в нее устанавливаются стержни.

При опускании стола кантователя в исходные положения срабатывает конечный выключатель «стол опущен» и дает сигнал на включение привода рольганга выдачи.

Работа сборщика (12) состоит в следующем: верхняя полуформа (опока «верха») в механизме спаривания форм подъемным столом поднимается вверх, кантуется, после чего стол опускается. Полуформа «верха» кантуется на 180°. Затем стол подъемный с полуформой «низа» поднимается вверх. При этом опоки (полуформы) «верха» и «низа» соединяются между собой. Производится зажим (крепление) опоки «верха», спаренные опоки (полуформы) опускаются и с рольганга выдачи опок передаются на позицию перестановки опок на заливочный конвейер.

Перемещение полуформ производится по роликам рольганга.

При подходе полуформ на позицию спаривания срабатывает конечный выключатель и дает команду на электродинамическое торможение привода «рольганг заторможен».

### Практическая часть

1. Ознакомиться с устройством и работой узлов и механизмов формовочной линии. Изучить технологическую схему организации производства отливок на линии АЛИФ. Произвести оценку фактической производительности путем подсчета количества изготовленных форм за весь период наблюдения.

2. Используя секундомер, произвести хронометраж технологических операций, выполняемых в автоматическом режиме, для следующих узлов формовочной линии: формовочный автомат, шаговый конвейер, заливочное устройство, механизм пригрузки форм. Полученные данные занести в табл. 3.2.

Таблица 3.2

№ п/п	Наименование операции	Длительность, с	Длительность простоя по организационным причинам, с	Длительность простоя по техническим причинам, с	Примечание

3. Рассчитать теоретически возможные параметры производительности работы АФЛ по методике, изложенной в приложении.

4. Дать оценку эффективности использования формовочного оборудования, рассмотрев возможность повышения производительности.
5. Выполнить эскиз механизмов линии.

### **Контрольные вопросы**

1. Принцип формообразования, используемый на АФЛ, его особенности и характеристики.
2. Рабочий цикл формовочного автомата (последовательность операций).
3. Структурная схема линии и ее характеристики.
4. Устройство и работа механизма сборки опок.
5. Принцип импульсного уплотнения формовочной смеси.
6. Характеристика транспортной системы автоматической формовочной линии.
7. Смена модельной оснастки на линии.
8. Центрирование элементов формы при ее изготовлении и сборке.
9. Классификация линии согласно основным признакам.
10. Оценка гибкости работы и эффективности эксплуатации линии.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Параметры производительности автоматических формовочных линий

В общем случае производительность автоматической линии определяется по формуле

$$\Pi = K_{и} \cdot \Pi_{ц}, \quad (1.1)$$

где  $\Pi_{ц}$  – цикловая производительность;  $K_{и}$  – коэффициент использования.

Под цикловой производительностью  $\Pi_{ц}$ , которую некоторые исследователи называют машиной, понимают количество продукции, вырабатываемое на данной линии в единицу времени при условии бесперебойной ее работы, без каких-либо неполадок и простоев. Если  $\Pi_{ц}$  выразить числом полуформ, изготовленных в час, т. е. рассматривать штучную производительность, то ее можно определить по формуле

$$\Pi_{ц} = \frac{3600}{T}, \quad (1.2)$$

где  $T$  – время рабочего цикла, с.

### Коэффициент использования

Коэффициент использования  $K_{и}$  является главным критерием степени достижения теоретически возможной производительности линии. Он характеризует как надежность самой линии, так и достигнутый организационный уровень ее эксплуатации в конкретных условиях производства. Коэффициент  $K_{и}$  показывает долю времени работы линии за некоторый принятый промежуток времени, называемый временем наблюдения.

На практике коэффициент  $K_{и}$  линии вычисляют по суммарной наработке линии за некоторый период ее наблюдения.

Суммарная наработка линии может быть выражена в объемах изготовленной годной продукции или же в единицах времени.

В первом случае  $K_{и}$  выражается отношением числа изготовленных годных форм к общему числу форм, которое могло бы быть изготовлено при условии, что на протяжении всего периода наблюдения

за эксплуатацией линии она работает безотказно. При этом значении  $K_{и}$  следует вычислять по формуле

$$K_{и} = \frac{Q_{г}}{Q_{г} + Q_{техн} + Q_{орг}}, \quad (1.3)$$

где  $Q_{г}$  – число годных форм, изготовленных за промежуток времени, в течении которого производится наблюдение за работой линии;  $Q_{техн}$  – число форм, не изготовленных по техническим причинам (сюда входят формы, оказавшиеся бракованными);  $Q_{орг}$  – число форм, не изготовленных по организационным причинам за тот же период наблюдения.

Во втором случае  $K_{и}$  выражается отношением суммарного времени безотказной работы линии  $t_{сум}$  ко времени наблюдения  $t_{набл}$ , т. е. к сумме времени работы и простоев:

$$K_{и} = \frac{t_{сум}}{t_{набл}} = \frac{t_{сум}}{t_{сум} + t_{пр}}. \quad (1.4)$$

По функциональным признакам все простои можно разделить на два вида:

1)  $t_{техн}$  – простои, вызванные техническими причинами (линия не работоспособна, например из-за поломок, отказов в работе, разрегулирования, загрязнения и т. п.; либо линия не работоспособна, но годной продукции нет, т. к. результат работы не соответствует требованиям качества: время, затраченное на изготовление брака, вызванного технологическими причинами, должно быть также отнесено к простоям);

2)  $t_{орг}$  – простои, вызванные организационными причинами (линия работоспособна, но отсутствуют внешние условия для ее нормальной эксплуатации; например, нет смеси, стержней, вспомогательных материалов; перебои подачи электроэнергии или сжатого воздуха; простои из-за несвоевременного прихода или ухода обслуживающего персонала, из-за уборки и т. п.).

Таким образом,

$$t_{пр} = t_{техн} + t_{орг}.$$

Подставляя в (1.4), получим:

$$K_{\text{и}} = \frac{t_{\text{сум}}}{t_{\text{сум}} + t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}}. \quad (1.5)$$

Формула (1.5) получается из формулы (1.3), если в нее подставить выражения

$$Q_{\Gamma} = \frac{t_{\text{сум}}}{T}; \quad Q_{\text{техн}} = \frac{t_{\text{техн}}}{T}; \quad Q_{\text{орг}} = \frac{t_{\text{орг}}}{T}.$$

Разделив правые части формул (1.3) и (1.5) соответственно на  $Q_{\Gamma}$  и  $t_{\text{сум}}$ , получим:

$$K_{\text{и}} = \frac{1}{1 + \rho_{\text{техн}} + \rho_{\text{орг}}}, \quad (1.6)$$

где  $\rho_{\text{техн}}$ ,  $\rho_{\text{орг}}$  – относительные потери производительности по техническим и организационным причинам, т. е. соответствующие абсолютные потери, приходящиеся на единицу продукции или отнесенные к времени безотказной работы линии на период наблюдения:

$$\rho_{\text{техн}} = \frac{Q_{\text{техн}}}{Q_{\Gamma}} = \frac{t_{\text{техн}}}{t_{\text{сум}}}; \quad \rho_{\text{орг}} = \frac{Q_{\text{орг}}}{Q_{\Gamma}} = \frac{t_{\text{орг}}}{t_{\text{сум}}}. \quad (1.7)$$

Подставляя (1.5) и (1.2) в (1.1), получим:

$$\Pi = 3600 \frac{Q_{\Gamma}}{t_{\text{сум}} + t_{\text{техн}} + t_{\text{орг}}}. \quad (1.8)$$

### **Техническая производительность**

Техническая производительность считается по формуле

$$\Pi_{\text{техн}} = 3600 \frac{Q_{\Gamma}}{t_{\text{сум}} + t_{\text{техн}}} = \frac{t_{\text{сум}}}{t_{\text{сум}} + t_{\text{техн}}} \Pi_{\text{ц}}. \quad (1.9)$$

В формуле (1.9) выражение

$$K_{\text{т.и}} = \frac{t_{\text{сум}}}{t_{\text{сум}} + t_{\text{техн}}} \quad \text{или} \quad K_{\text{т.и}} = \frac{1}{1 + \rho_{\text{техн}}} \quad (1.10)$$

представляет собой коэффициент технического использования, который определяется как отношение суммарного времени работы линии  $t_{\text{сум}}$  к времени работы  $t_{\text{сум}}$  и времени простоев, обусловленных техническими причинами  $t_{\text{техн}}$ .

Формула (1.9) принимает вид:

$$\Pi_{\text{техн}} = K_{\text{т.и}} \cdot \Pi_{\text{ц}}. \quad (1.11)$$

На практике коэффициент  $K_{\text{т.и}}$  для ориентировочных расчетов обычно принимают равным 0,8–0,9.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Автоматическая формовочная линия FDC .....	3
Лабораторная работа № 2. Автоматическая формовочная линия Formatic .....	12
Лабораторная работа № 3. Автоматическая линия импульсной формовки.....	25
Приложение .....	33

Учебное издание

Одарченко Игорь Борисович

**АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И СИСТЕМЫ**  
**Лабораторный практикум**  
**по одноименному курсу для студентов**  
**специальностей 1-36 02 01 «Машины и технология**  
**литейного производства» и 1-36 02 04 «Организация**  
**и управление литейным производством»**  
**дневной формы обучения**

Редактор  
Компьютерная верстка

*Н. В. Гладкова*  
*Н. В. Широглазова*

Подписано в печать 19.12.2008 г.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,1.  
Изд. № 103.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)  
<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого».  
ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.