

В.Ф.ОДИНОЧКО, С.Л.РОВИН

**АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В
РАЗОВЫХ ФОРМАХ**

**Презентация к лекционному курсу по дисциплине
«Автоматические линии и системы»
для студентов специальности 1-36 02 01
«Машины и технология литейного производства»**

Учебный электронный материал

Минск ♦ БНТУ ♦ 2018

УДК 621.74 – 52 (075.8)

ББК 34.61я7

А 22

Составители:

В.Ф.Одиночко, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» БНТУ, доцент, к.т.н.;

С.Л.Ровин, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» БНТУ, доцент, к.т.н.

Рецензенты:

В.А.Стасюлевич, проректор института повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов промышленности «Кадры индустрии», доцент, к.т.н.

Г.В. Довнар, доцент кафедры «Металлургия черных и цветных сплавов» БНТУ, доцент, к.т.н

Рассматривается устройство автоматических формовочных линий для изготовления отливок в разовых литейных формах. Электронный материал представлен в виде презентации со ссылками на видеофайлы и предназначен для использования в качестве дополнительного источника информации при изложении специальной дисциплины «Автоматические линии и системы» для студентов обучающихся по специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь

Тел.(017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37

Регистрационный № БНТУ/МТФ 32 – 2.2018

© БНТУ, 2018

© Одиночко В.Ф., Ровин С.Л., 2018

© Одиночко В.Ф., компьютерный дизайн, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ	5
1.1 Основные понятия и определения	6
1.2 Надёжность АЛ	15
1.3 Производительность и эффективность автоматических линий	22
1.4 Механизмы опочных АФЛ	26
2 ЛИНИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ	64
2.1 Опочные АФЛ	65
2.1.1 АФЛ прессовые	66
2.1.2 АФЛ вертикально-стопочные	78
2.1.3 АФЛ изготовления форм воздушно-прессовым методом	85
2.1.4 АФЛ вакуумно-плёночной формовки	98
2.1.5 АФЛ для изготовления отливок в замораживаемых формах	114
2.1.6 Линии пескометной формовки	122
2.2 Линии безопочной формовки	126
2.2.1 АФЛ горизонтально-стопочные	127
2.2.2 АФЛ вертикально-стопочные	158
2.2.3 Автоматические линии изготовления отливок в литейных формах из ХТС	162
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	172

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – основная заготовительная база современного машиностроения. Рост требований к качеству отливок, развитие массового и серийного производства вызывает необходимость повышения производительности, стабилизации технологических процессов, исключения влияния человеческого фактора и снижения трудоёмкости. Автоматизация производства обеспечивает решение этих задач, а также позволяет решить и чисто экономическую задачу – снижения себестоимости производства отливок. Поэтому в 60-х годах прошлого века появились и стали активно внедряться автоматические комплексы и линии (АЛ).

Современные АЛ – это комплексы (системы) взаимосвязанных агрегатов технологических и вспомогательных (транспортирующих, фиксирующих) осуществляющих законченный технологический процесс (или несколько последовательных процессов).

1 НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

1.1 Основные понятия и определения

Современные АЛ – это комплексы взаимосвязанных агрегатов – технологических и вспомогательных, осуществляющих законченный технологический процесс.

Различают:

- АЛ массового производства;
- АЛ мелкосерийного производства;
- специализированные АЛ.

Первые автоматы в литейных цехах (формовочные, очистные) появились в мире в 20-30-х годах прошлого века. В СССР первый механизированный литейный цех с системой конвейеров на межоперационных участках был создан в 1930 г. на заводе «Красный путиловец».

Автоматические комплексы и линии (АЛ):
формовочные, стержневые, литья под давлением, литья по выплавляемым моделям появились в 60-х годах прошлого века. К концу 70-х в СССР было уже около 750 АЛ.

Основные принципы организации работы АЛ:

- поточный метод – последовательное расположение технологических агрегатов в порядке, соответствующем хронологии выполнения операций;
- совмещение по времени и синхронное выполнение технологических операций;
- территориальное единство всего технологического комплекса;
- транспортная взаимосвязь агрегатов.

Поточные линии делятся на группы и виды по:

- степени механизации;
- принципам агрегатирования технологического оборудования;
- назначению (стержневая, формовочная, очистная линия и т.д.);
- принципу действия (непрерывному или периодическому);
- количеству потоков (одно- и многопоточные);
- структуре (замкнутой или разомкнутой).

Принципы агрегатирования линий:

- многопозиционный – на различных позициях одной машины одновременно реализуются различные операции;
- многопоточный – параллельно выполняются одинаковые операции (например, на одном формовочном автомате изготавливается полуформа верха и полуформа низа);
- многоинструментальный – на одной позиции одновременно выполняется несколько операций различными инструментами.

По степени механизации поточные линии могут быть разделены на:

- механизированные;
- поточно-механизированные;
- автоматизированные;
- автоматические.

Механизированной называют поточную линию, на которой большая часть операций технологического процесса выполняется различными механизмами, которые связаны между собой транспортными средствами.

На комплексно-поточной линии, в отличие от механизированной, все основные операции технологического процесса выполняются различными механизмами с взаимно увязанной производительностью.

Автоматизированной АЛ называют комплексно-механизированную линию, на которой большинство технологических операций выполняется автоматически.

Автоматическая линия отличается от автоматизированной отсутствием ручного труда. Все операции, кроме наладки и контроля, выполняются без участия человека.

1.2 Надёжность АЛ

Свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, называется *надёжностью*.
Надёжность АЛ определяется надёжностью входящих в её состав машин и механизмов.

На стадии проектирования АЛЛ её надёжность оценивается по проектным коэффициентам надёжности.

Отдельные элементы АЛЛ имеют следующие коэффициенты надёжности:

формовочные автоматы	- 0,96,
распаровщики	- 0,99,
сборщики форм	- 0,98,
выбивные установки	- 0,96,
литейные конвейеры	- 0,98.

С точки зрения надёжности последовательным называется соединение элементов, в котором отказ одного элемента приводит к отказу всего соединения, а параллельным – в котором система отказывает лишь при отказе всех входящих в него элементов.

Общая надёжность линии при последовательном соединении её элементов зависит от наиболее ненадёжного элемента, например 3, выход из строя которого приводит к остановке всех механизмов, (рисунок 1.1).

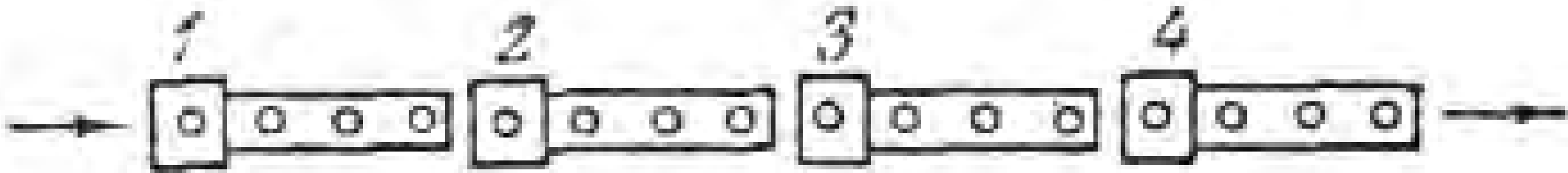


Рисунок 1.1 – Схема линии с последовательным соединением её элементов

Поэтому для повышения надёжности наименее надёжные агрегаты резервируют (рисунок 1.2).

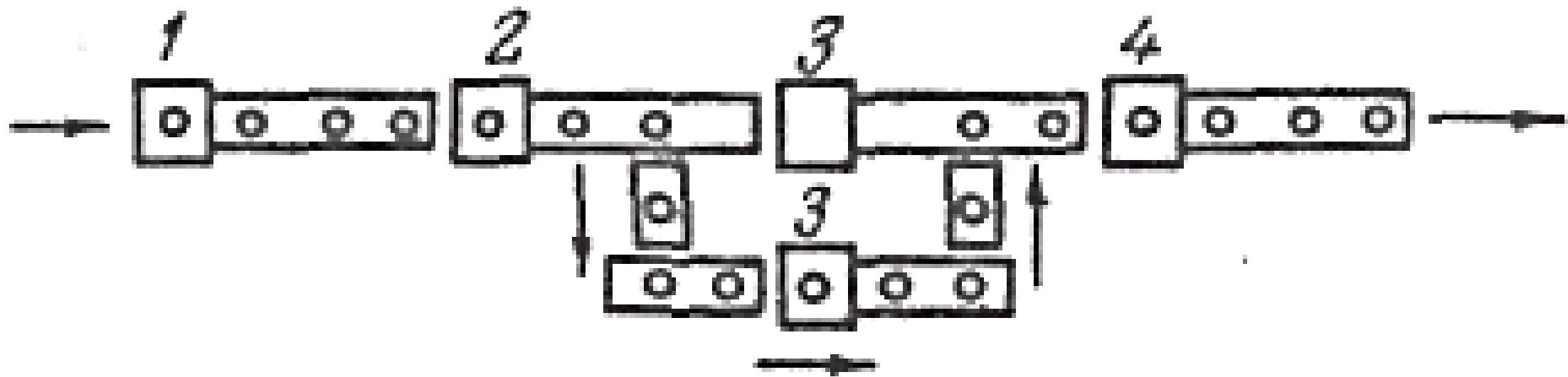


Рисунок 1.2 – Схема линии с резервированием одного элемента

Различают надёжность эксплуатационная и общую. Работоспособность линии в период её эксплуатации обусловленная безотказностью и долговечностью наиболее часто выходящих из строя элементов, а также ремонтпригодностью с точки зрения устранения случайных отказов – эксплуатационная надёжность.

Общая надёжность обусловлена теми же показателями, но охватывает весь срок службы линии, в том числе и периоды планово-предупредительных ремонтов.

1.3 Производительность и эффективность автоматических линий

Экономический эффект от внедрения автоматической линии в производство получают за счёт снижения себестоимости изделий, повышения их качества, увеличения производительности труда, увеличения выпуска продукции. При этом сокращается или полностью заменяется ручной труд, улучшаются санитарно-гигиенические условия на рабочих местах.

При определении технико-экономических показателей и доказательства необходимости внедрения автоматической линии капитальные вложения по новому и базовому вариантам должны сравниваться в сопоставимых условиях. С этой целью стоимость оборудования создаваемого (заменяемого) производства пересчитывается на планируемый объем выпуска продукции.

При внедрении АЛЛ расчёт себестоимости литья может производиться только по изменившимся статьям, например, затратам на основные материалы, заработную плату основного и вспомогательного персонала, амортизацию оборудования, электроэнергию и сжатый воздух, текущий ремонт и содержание оборудования. Остальные статьи себестоимости, которые остаются такими же, как и в базовом варианте, в расчёте могут не учитываться.

1.4 Механизмы опочных АФЛ

Транспортные системы АЛЛ составляют 25 – 45% общей массы и стоимости литейной линии. Они включают литейные конвейеры (тележечные, рольганговые или другого типа), межоперационный транспорт к функциональные транспортные механизмы (толкатели, сталкиватели, механизмы подъема, поворота, отсекатели и др.).

Литейные тележечные конвейеры в зависимости от характера движения делятся на непрерывно движущиеся и пульсирующие, а в зависимости от расположения в цехе — на горизонтально замкнутые напольные и пространственные. Кроме того, в некоторых случаях применяют вертикально замкнутые конвейеры с неопрокидывающимися тележками.

Роликовые транспортёры (рольганги) применяются для подачи опок к формовочным автоматам, откатки готовых полуформ, подачи стержней на формовочные блоки, транспортирования форм к литейному конвейеру, транспортирования залитых форм на участках охлаждения, транспортирования стержневых ящичков, кокилей, безопочных форм и других операций.

Шагающие конвейеры – транспортирующие устройства периодического или пульсирующего действия. Особенность таких конвейеров – отсутствие транспортных тележек. Опоки или формы перемещаются на подвижной раме, которая совершает попеременно возвратные движения в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рисунок 1.3).

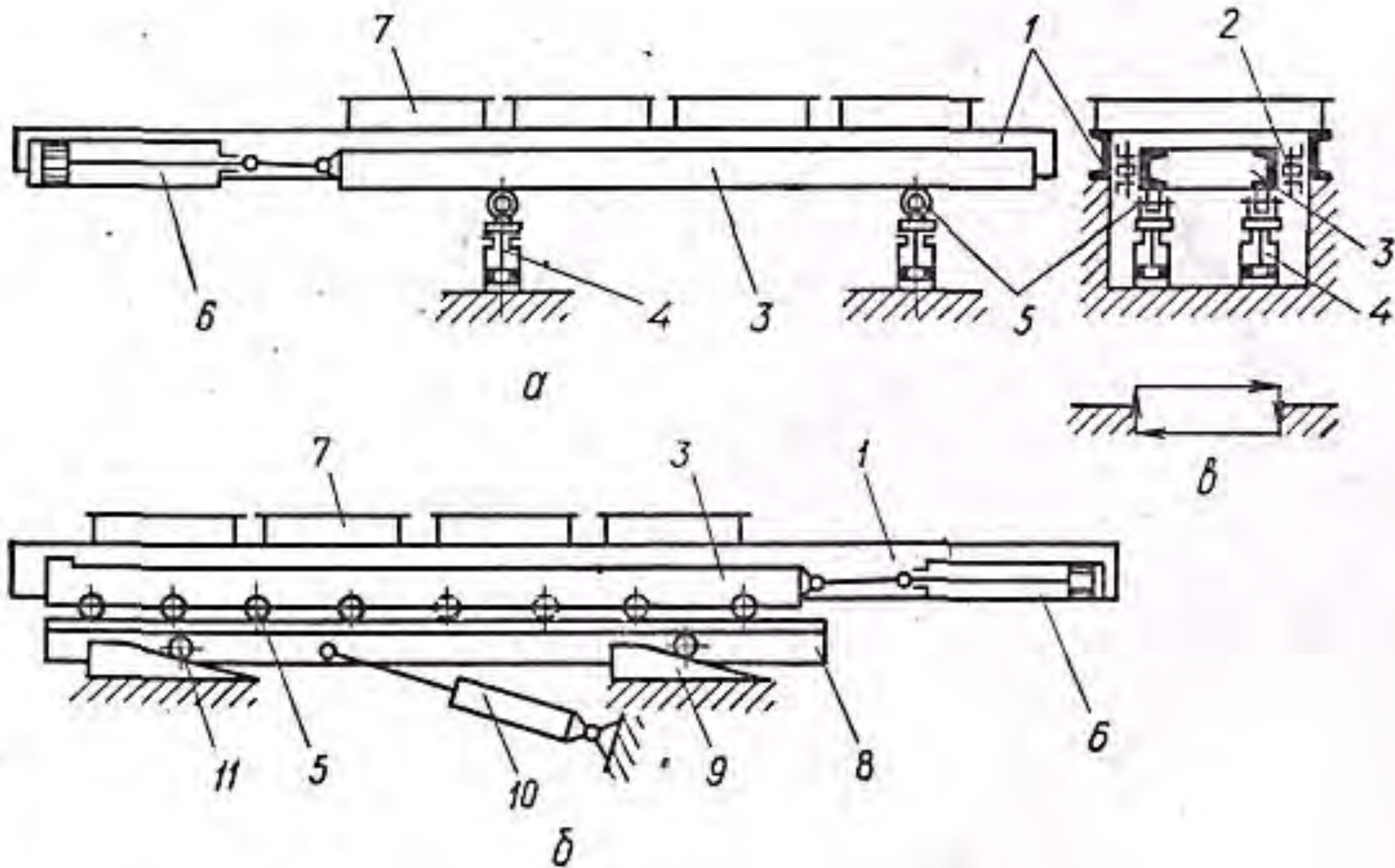


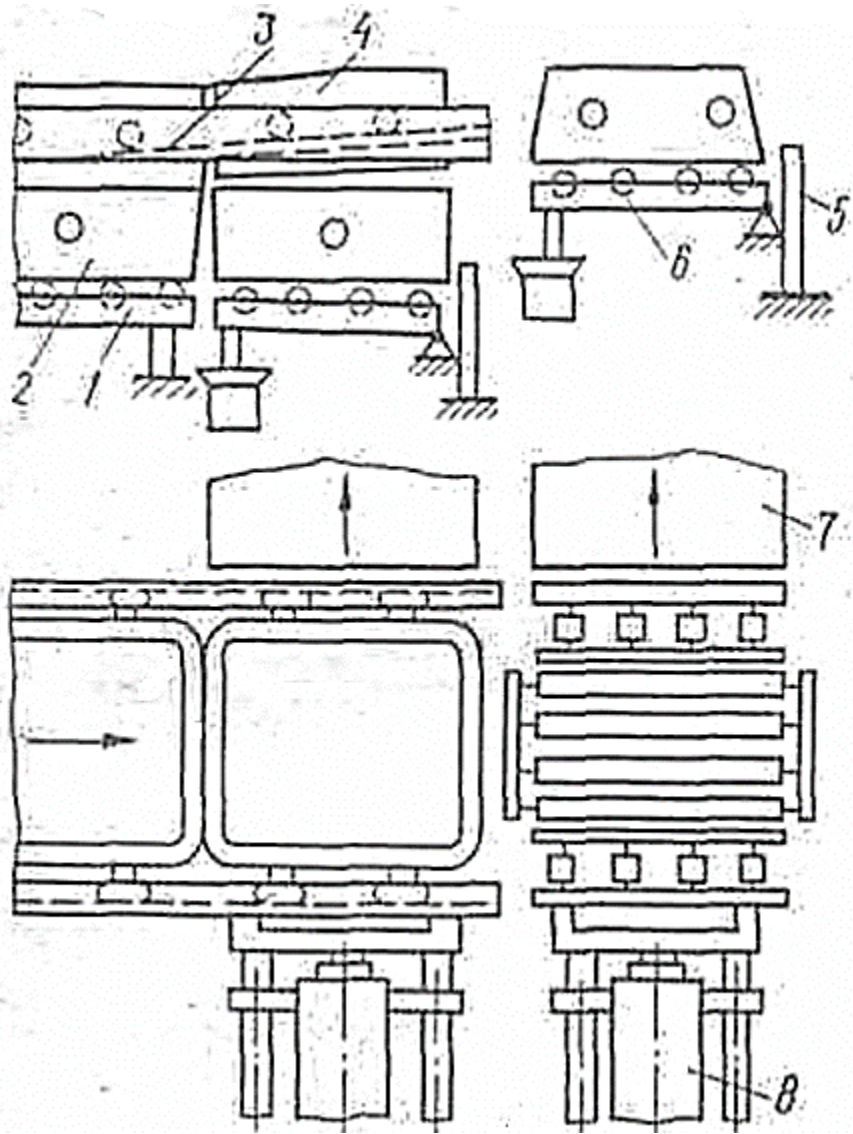
Рисунок 1.3 – Схемы шагающих конвейеров

К рисунку 1.3 – Схемы шагающих конвейеров: *а* – конвейер с домкратами-подъемниками; *б* – конвейер с направляющими для подвижной рамы; *в* – схема перемещения подвижной рамы конвейера;

1 – неподвижная рама; *2* – направляющие ролики; *3* – подвижная рама; *4* – домкраты-подъемники; *5* – опорные катки; *6* – привод перемещения подвижной рамы; *7* – опоки; *8* – направляющая рама; *9* – опоры; *10* – гидроцилиндр подъёма рамы; *11* – ролики.

Для подачи сыпучих формовочных материалов, готовой формовочной и стержневой смесей в системах смесеприготовления, транспортирования безопочных форм на участках охлаждения линий горизонтально-стопочной формовки и других подобных операций непрерывного характера применяются ленточные конвейеры.

Для распаровки форм и пустых опонок применяются распаровщики, которые могут работать непрерывно и периодически. При этом опоки разъединяются в горизонтальной, вертикальной либо наклонной плоскостях. Обычно на АФЛ эту операцию выполняют распаровщики пустых опонок (после удаления из них смеси и отливок). Однако в случае отдельной выбивки верхних и нижних полуформ (опоки с крестовинами) применяются распаровщики форм (рисунок 1.4 и 1.5).



- 1 – рольганг;
- 2 – нижняя опока;
- 3 – склиз распаровщика;
- 4 – верхняя опока;
- 5 – упоры;
- 6 – рольганговые столы;
- 7 – ленточные транспортёры;
- 8 – толкатели

Рисунок 1.4 – Схема распаровщика непрерывного действия со склизом

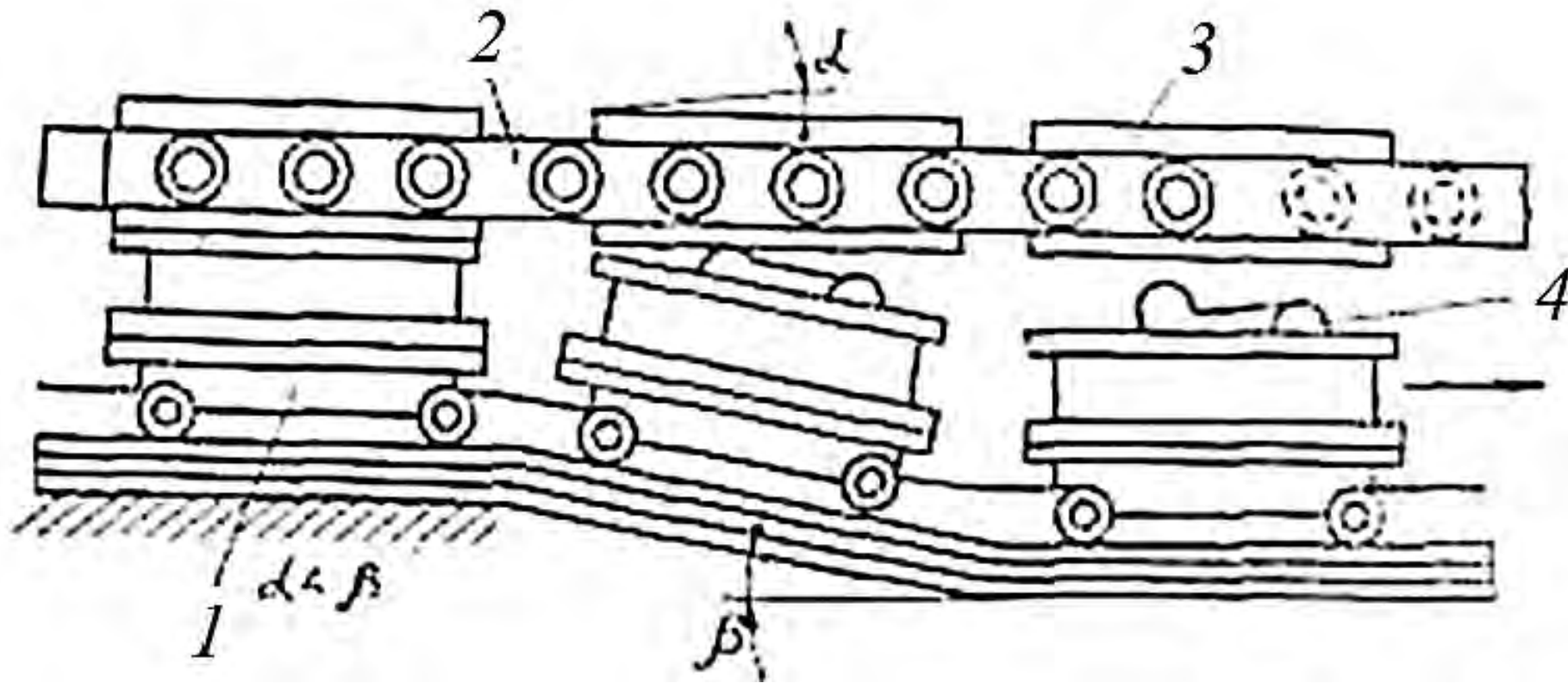


Рисунок 1.5 – Схема распаровщика непрерывного действия с кромочным рольгангом: 1 – тележка конвейера; 2 – кромочный рольганг; 3 – опорные выступы верхней опоки; 4 – отливка

На рис. 1.6 показана схема распаровщика-манипулятора, оснащённого тележкой, передвигающейся по рельсам на катках. Пневмоцилиндр, установленный на тележке, опускает траверсу с захватами, которые с помощью зажимов захватывают опоку за кромку. При ходе траверсы вверх происходит распаровка. Затем включается привод тележки, которая перемещает верхнюю опоку на позицию её установки. На этой позиции траверса перемещается вниз и зажимы отпускают опоку.

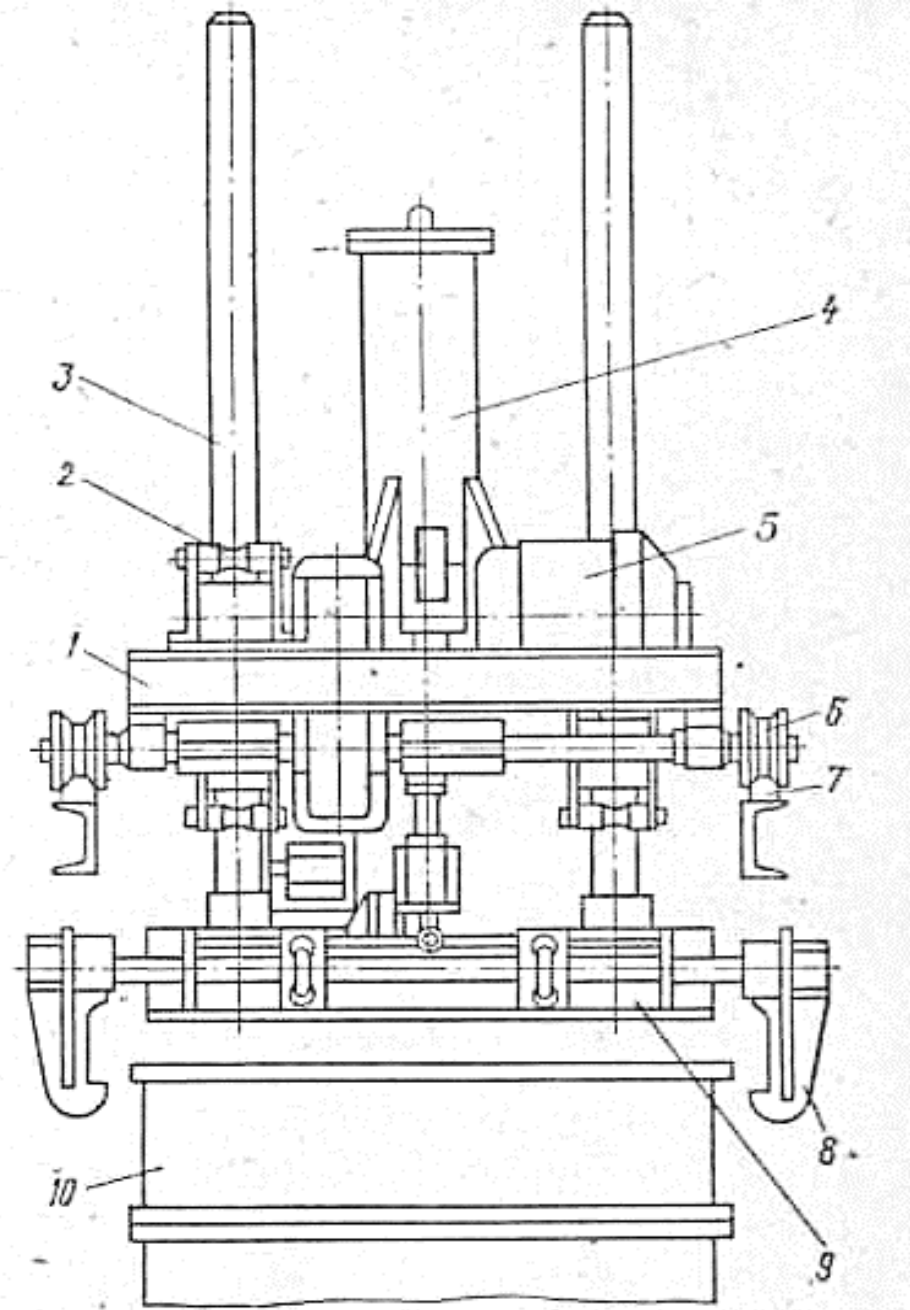


Рисунок 1.6 – Распаровщик с тележкой

К рисунку 1.6 – Распаровщик с тележкой:

1 – тележка; 2 – желобчатые ролики;

3 – направляющие; 4 – пневмоцилиндр;

5 – электропривод тележки; 6 – катки; 7 – рельсы;

8 – захваты; 9 – траверса; 10 – верхняя опока

Поворот опок и полуформ с целью установки их в нужное положение (ладом вниз), осмотра, обдува, простановки стержней и т. д. производится с помощью кантователей. Наибольшее распространение получили кантователи барабанного и дискового типов с пневмо-, гидро- или электроприводом. В ряде случаев кантовку совмещают со сборкой либо с протяжкой модели.

На рис. 1.7 показан кантователь барабанного типа с пневмоприводом.

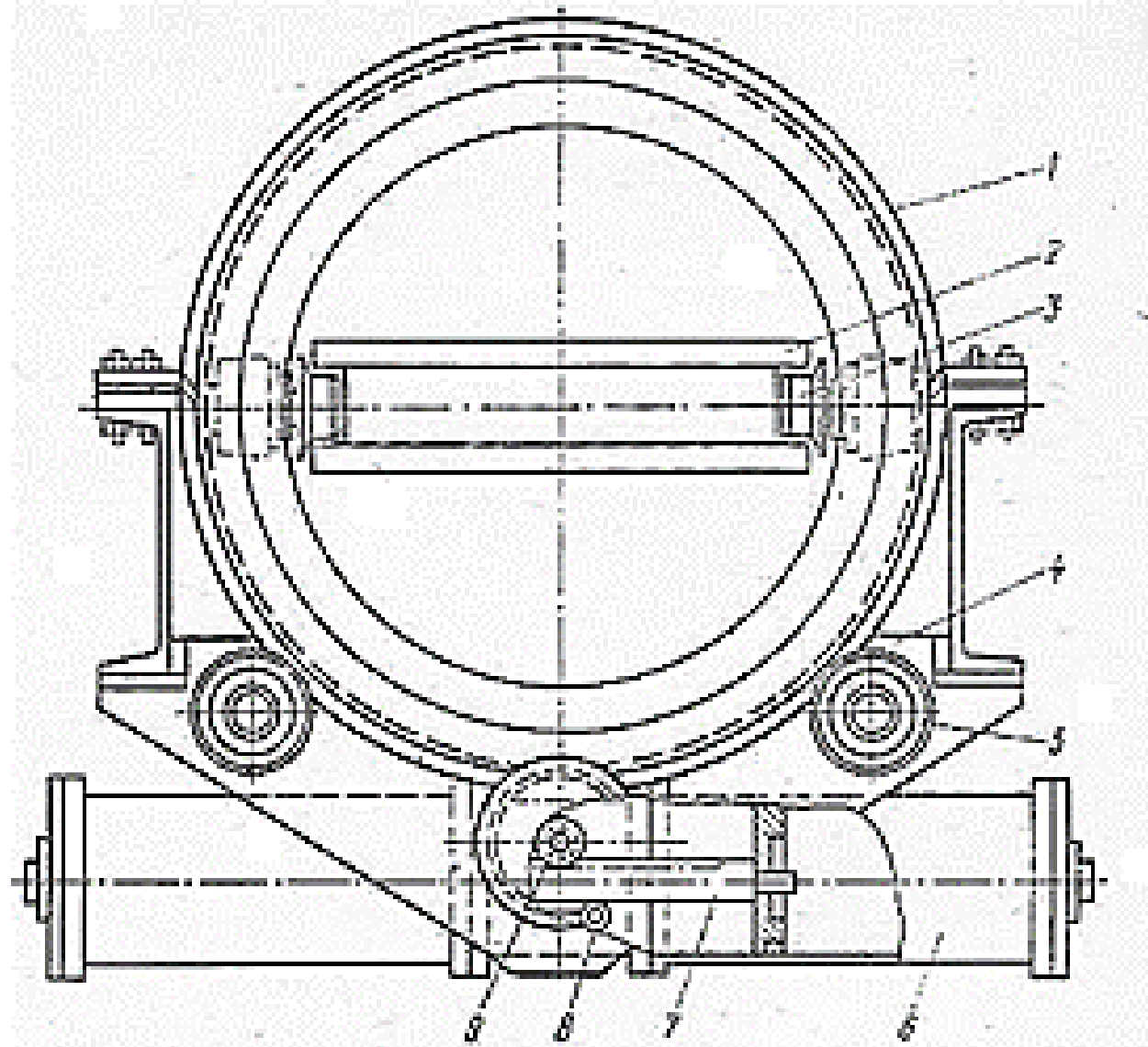


Рисунок 1.7 – Схема кантователя
барабанного типа

К рисунку 1.7 – Схема кантователя барабанного типа:
1 – барабанные диски; 2 – опока; 3 – консольные ролики;
4 – траверса; 5 – опорные ролики;
6 – одноходовые пневмоцилиндры; 7 – шток-рейка;
8 – опорные ролики рейки; 9 – вал-шестерня

На линиях опочной формовки в зависимости от относительного направления движения полуформ можно выделить сборщики с последовательным и перекрещивающимся движением полуформ. Последние могут поступать на сборку по транспортным средствам, расположенным на одном или на разных уровнях. Конструкция сборщика зависит от компоновки формовочной линии, вида транспортных средств и других факторов.

На рис. 1.8 показана схема сборщика с последовательным движением обеих полуформ.

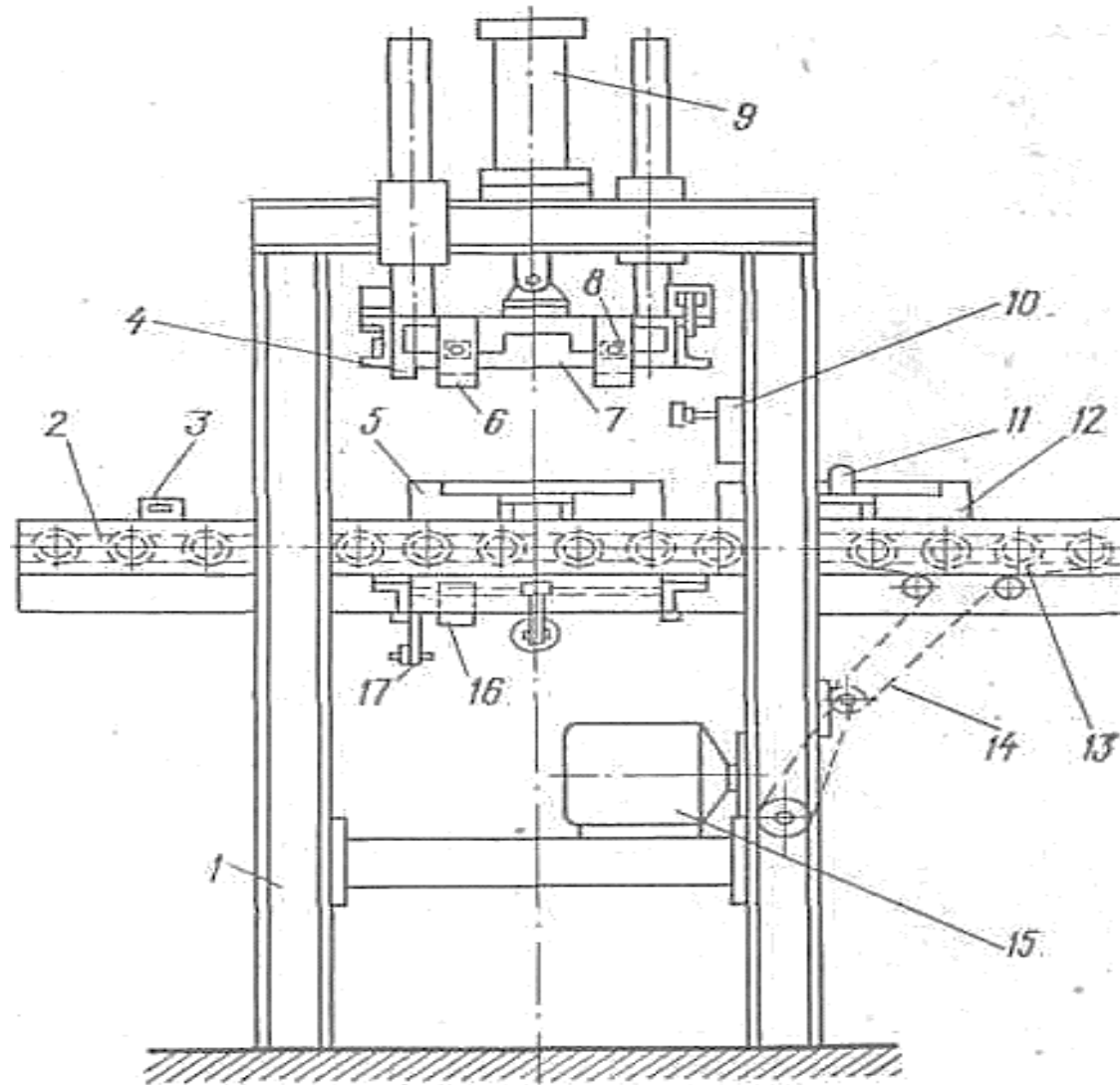


Рисунок 1.8 – Схема сборщика форм с последовательным движением полуформ

К рисунку 1.8 – Схема сборщика форм с последовательным движением полуформ: 1 – рама; 2 – рольганг; 3, 4, 8, 10, 16 – концевые выключатели; 5 – верхняя полуформа; 6 – захваты; 7 – захватное приспособление; 9 – силовой пневмоцилиндр; 11 – центрирующий штырь опоки; 12 – нижняя полуформа; 13 – ролики рольганга; 14 – цепная передача; 15 – электропривод рольганга; 17 – отсекаТЕЛЬ.

С целью предупреждения подъема верхней полуформы гидростатическим давлением жидкого металла на плоскость разъёма формы последнюю нагружают грузами. Применяемые установки нагружения форм (нагрузжатели) в зависимости от компоновки формовочной линии и расположения их относительно литейного конвейера подразделяются на карусельные (рис. 1.9), поперечные (рис. 1.10) и продольные.

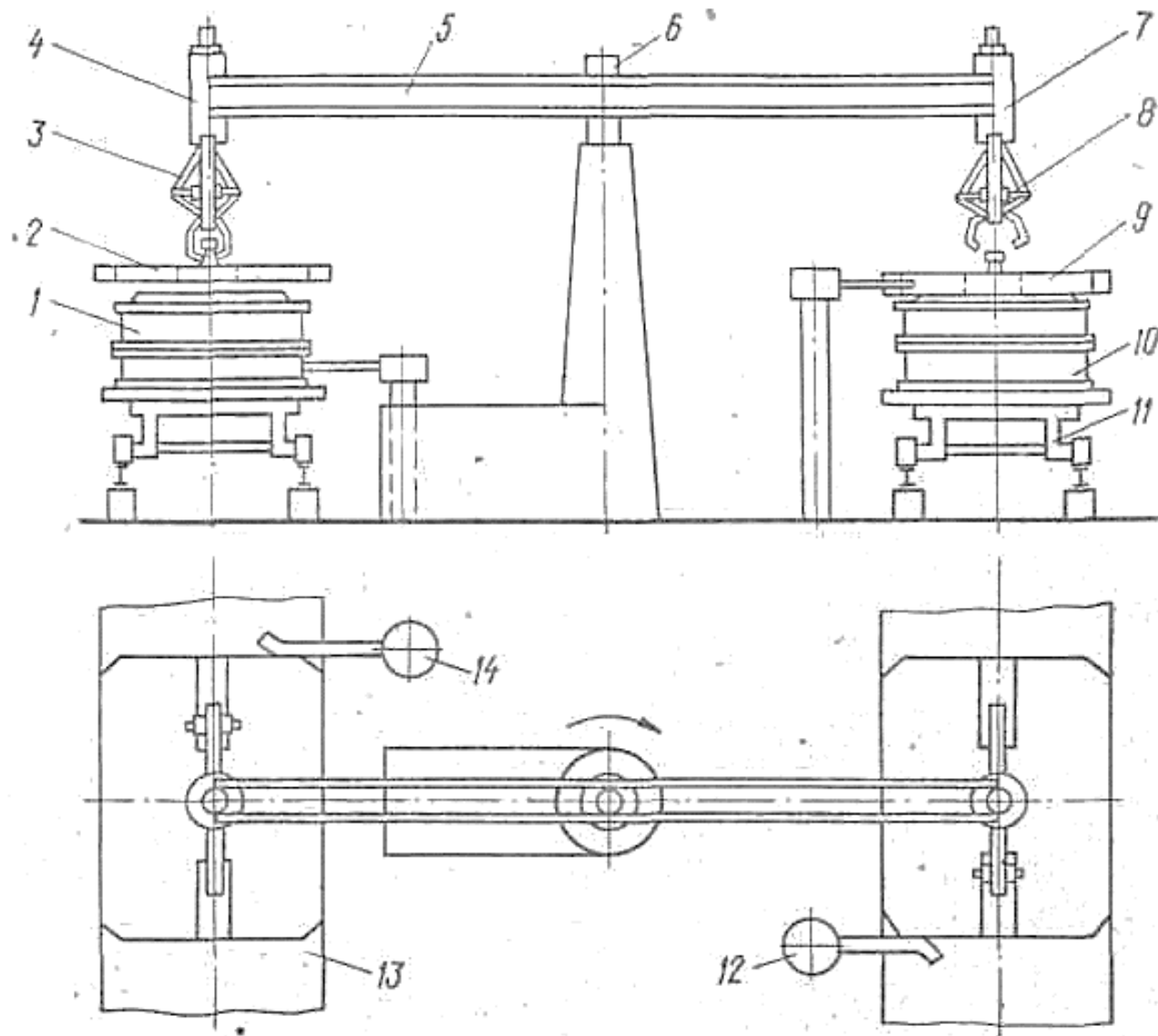


Рисунок 1.9 – Схема нагружателя форм карусельного типа

К рисунку 1.9 – Нагрузатель форм карусельного типа: 1 – залитые формы; 2, 9 – грузы; 3, 8 – зажимы; 4, 7 – пневмоцилиндры; 5 – поворотный рычаг; 6 – ось; 10 – подготовленная к заливке форма; 11 – тележка конвейера; 14 – путевые выключатели; 13 – литейный конвейер.

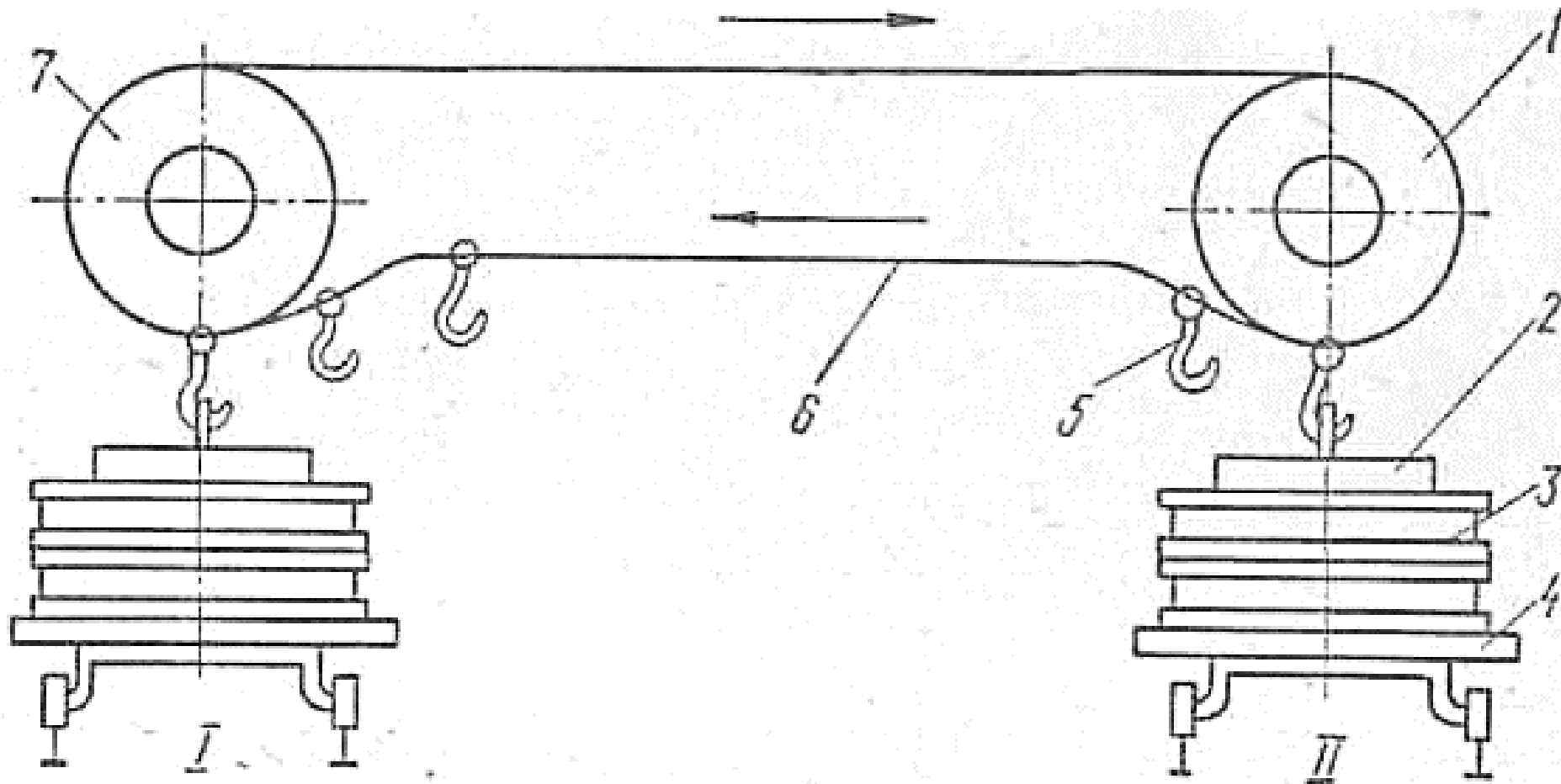


Рисунок 1.10 – Схема конвейерного
нагрузателя форм поперечного типа

К рисунку 1.10 – Схема конвейерного
нагрузателя форм поперечного типа: 1 – позиция
нагрузки; II – позиция снятия груза;
1 – электропривод; 2 – груз; 3 – форма;
4 – тележка конвейера; 5 – крюки-пластины;
6 – роликовая цепь; 7 – натяжной барабан

Автоматические заливочные установки можно разделить на четыре типа по способу заливки расплава в формы:

- ❖ поворотные;
- ❖ стопорные;
- ❖ работающие под действием сжатого газа;
- ❖ подающие жидкий металл в формы с помощью магнитодинамических насосов.

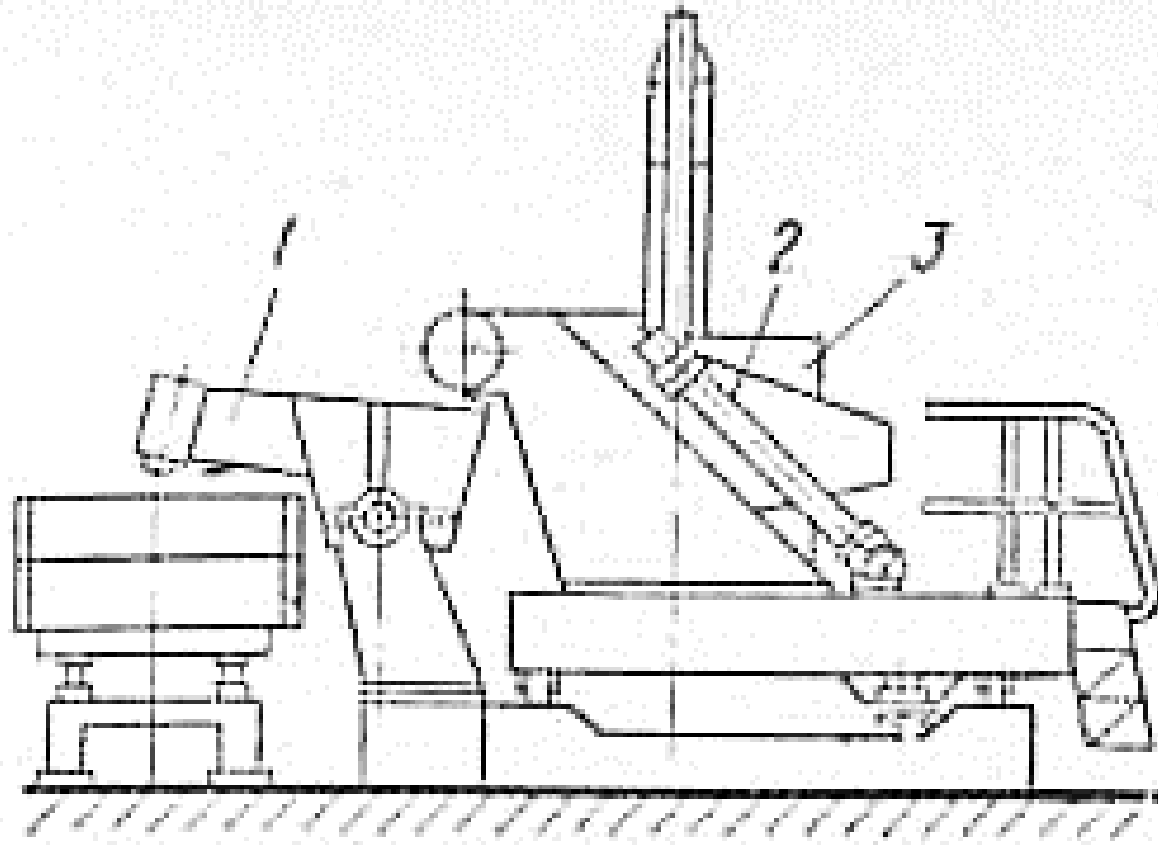


Рисунок 1.11 – Заливочная установка автоматической линии фирмы “Кюнкель Вагнер”: 1 – жёлоб-дозатор; 2 – механизм поворота ковша; 3 – сменные ковши

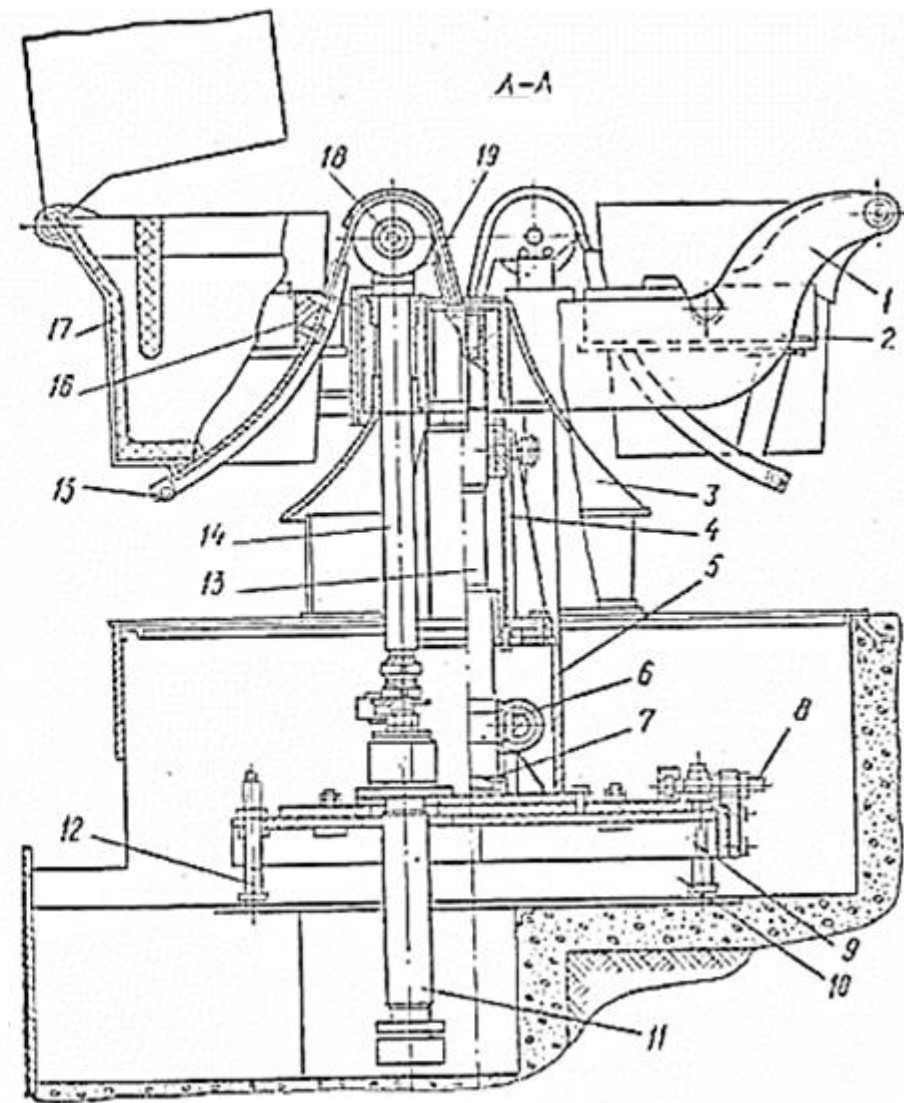
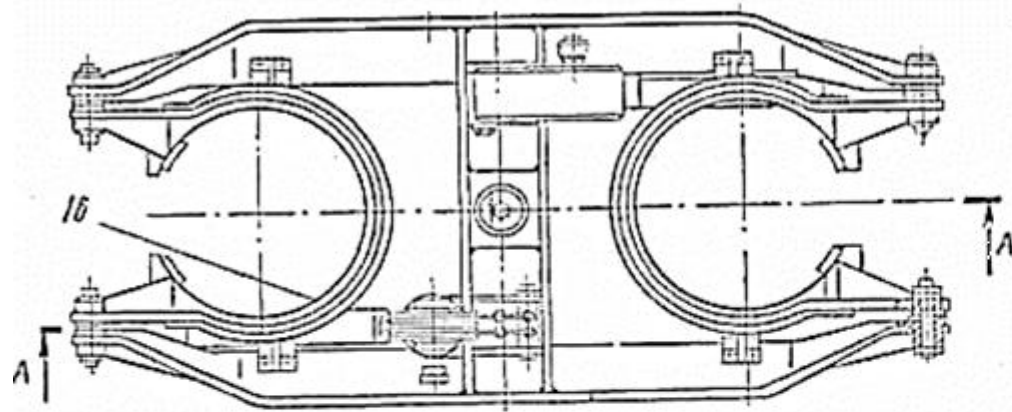


Рисунок 1.12 – Двухпозиционная
заливочная машина

К рисунку 1.12 – Двухпозиционная заливочная машина: 1 – консоли рамы; 2 – поворотная рама; 3 – защитное ограждение механизмов; 4 – колонна; 5 – тумба; 6 – механизм поворота рамы; 7 – опорный подшипник; 8 – винты регулировки положения машины по горизонтали; 9 – регулировочная рама; 10 – основание; 11 – гидроцилиндр; 12 – винты регулировки положения машины по высоте; 13 – ось поворотной рамы; 14 – подъёмная штанга; 15 – сектор кассеты; 16 – кассета; 17 – ковш; 18 – блок; 19 – трос.

Работу подобных заливочных машин смотрите на [Видео 1](#) и [Видео 2](#).

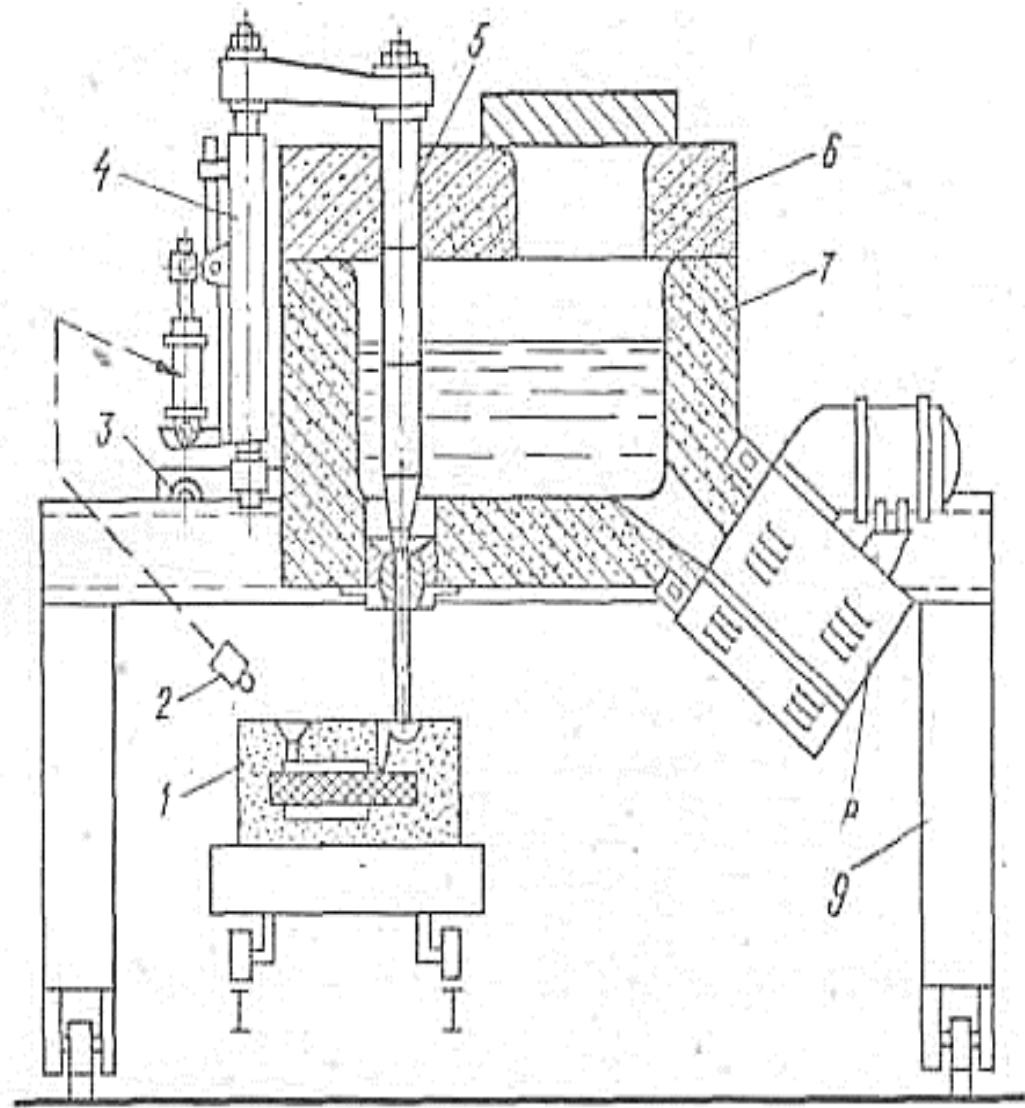


Рисунок 1.13 – Схема заливочной установки модели
Поуромат

К рисунку 1.13 – Схема заливочной установки модели Поуромат: 1 – форма на тележке конвейера; 2 – фотоэлемент; 3 – тележка; 4 – механизм открывания стопора; 5 – стопор; 6 – крышка ковша; 7 – разливочный ковш; 8 – индуктор; 9 – порталная рама.

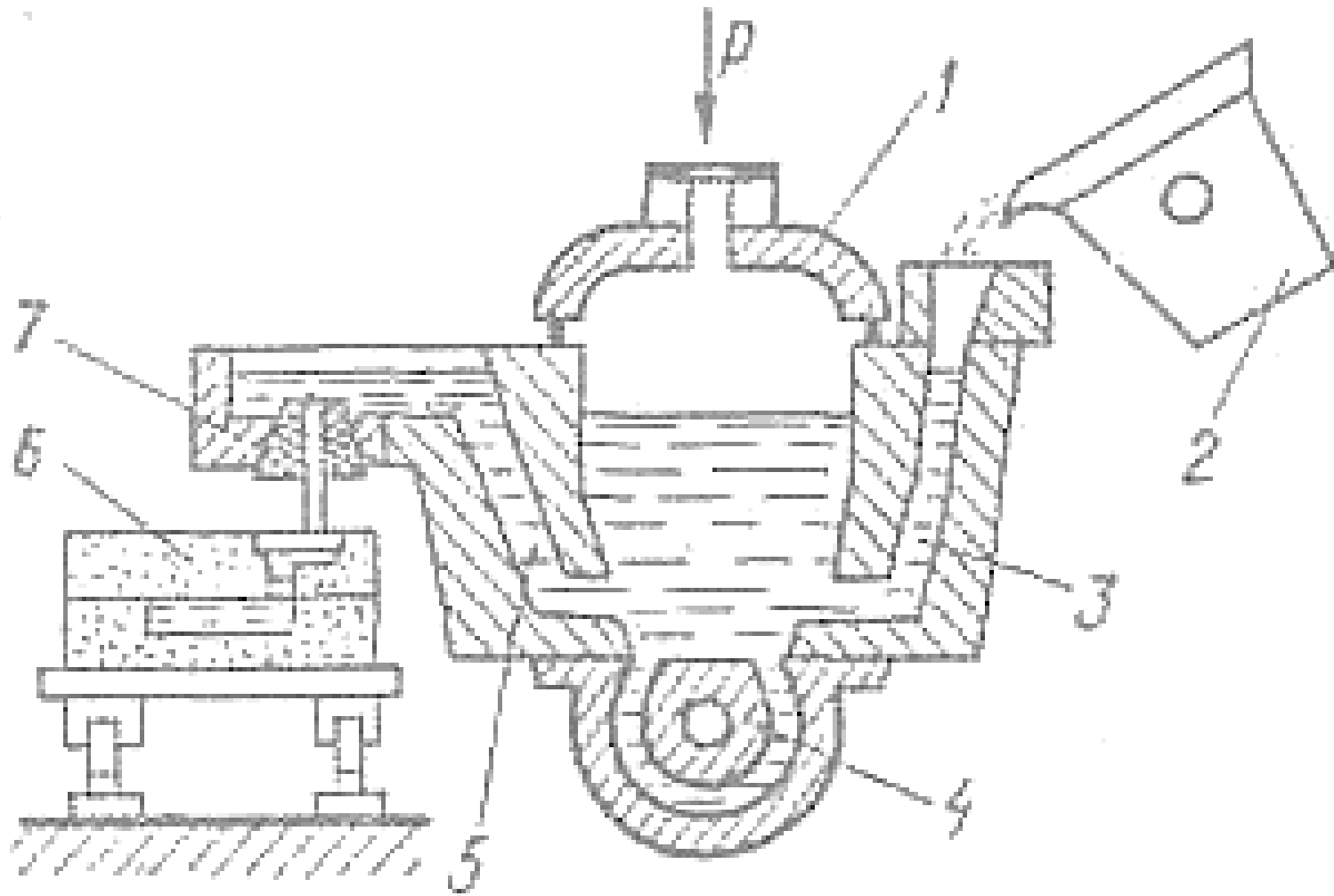


Рисунок 1.14 – Заливочная установка модели Пресспоур

К рисунку 1.14 – Заливочная установка модели Пресспоур: 1 – крышка печи; 2 – раздаточный ковш; 3 – канал подачи металла в печь; 4 – индуктор; 5 – канал выдачи металла; 6 – форма; 7 – стакан с калиброванным отверстием.

Структура участка охлаждения может быть скомпонована по одной из четырёх схем (рис. 1.15). По схемам *а* и *б* формы подводятся к выбивной установке с одинаковой скоростью. По схеме *в* поток форм после заливки разделяется на несколько ветвей ($K_1 - K_4$), движущихся с различными скоростями. В соответствии со схемой *г* пакеты смеси с отливками выдавливаются из опок и направляются на дополнительное охлаждение.

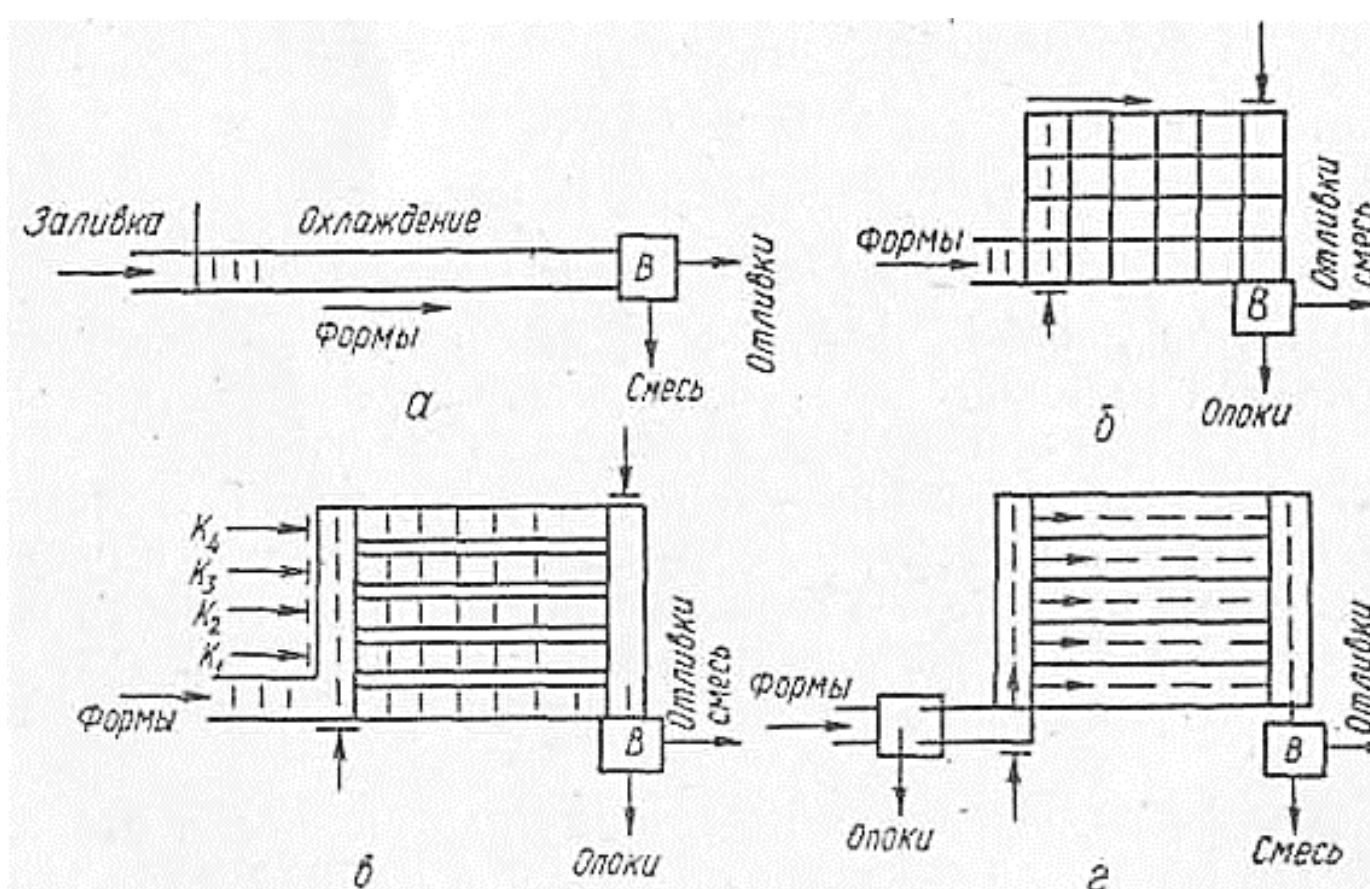


Рисунок 1.15 – Схемы участков охлаждения:
a – однолинейная; *б* – с параллельными ветвями
одинаковой скорости, *в* – с параллельными
ветвями разной скорости; *г* – раздельная выбивка

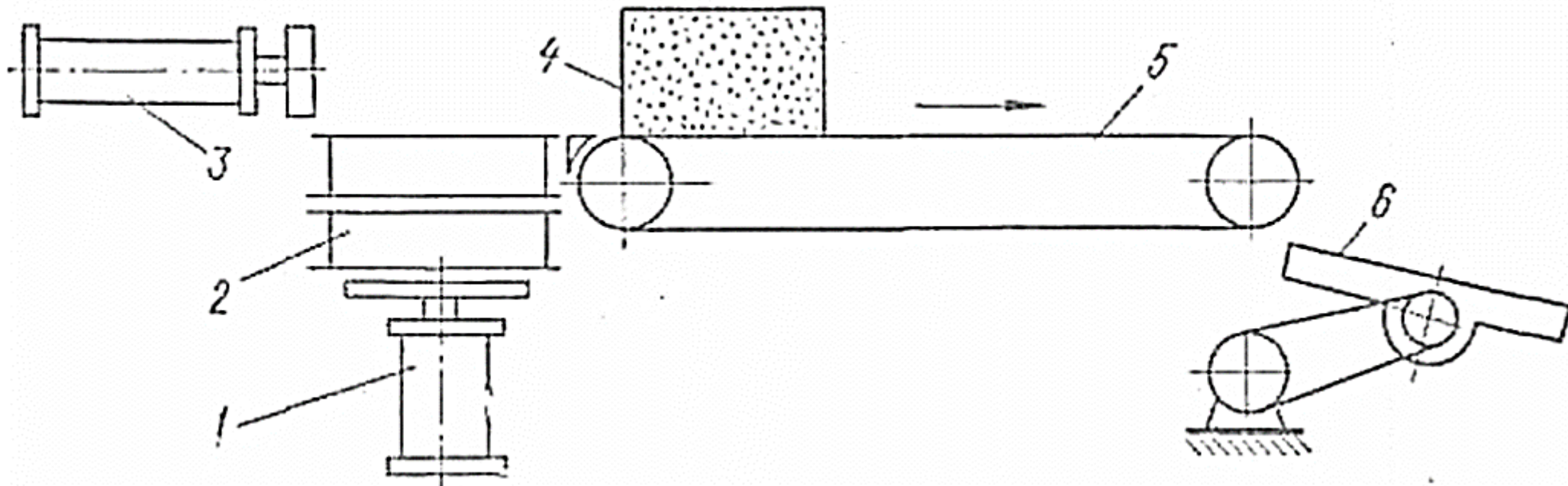


Рисунок 1.16 – Схема выбивки форм с дополнительным транспортёром охлаждения кома:
 1 – механизм выдавливания горелого кома смеси с отливкой из опок; 2 – форма; 3 – пневмотолкатель;
 4 – горелый ком с отливкой; 5 – транспортер участка дополнительного охлаждения;
 6 – выбивная решётка

Для выбивки опок без крестовин применяют установки для выдавливания кома смеси с отливкой при помощи пуансона на установленную внизу выбивную решётку. Установка (рис. 1. 17), имеет раму, на которой смонтированы прессовые пневмо- или гидроцилиндры. На концах штоков цилиндров укреплены плиты с резиновыми скребками. Резиновые скребки при ходе плит вверх очищают внутреннюю поверхность опок.

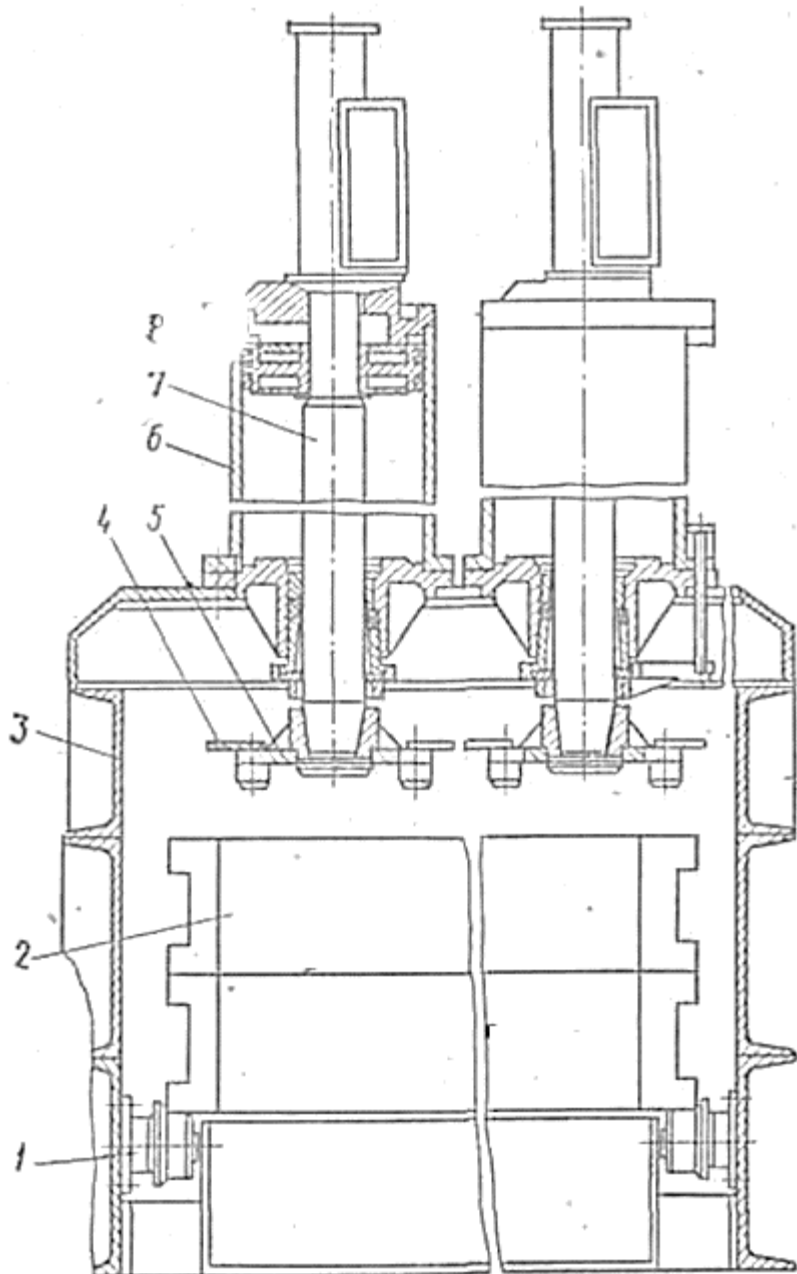


Рисунок 1.17 – Установка для выдавливания горелого кома с отливкой из опок: 1 – рольганг; 2 – форма; 3 – рама; 4 – резиновые скребки; 5 – плита; 6 – пневмоцилиндр; 7 – шток; 8 – поршень

2 ЛИНИИ ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК
В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНЫХ
ФОРМАХ

2.1 Опочные АФЛ

2.1.1 АФЛ прессовые

Около 80% отливок в настоящее время получают в разовые литейные формы. Соответственно абсолютное большинство создаваемых и используемых сегодня автоматических литейных линий (АФЛ) – это линии для изготовления отливок в разовые литейные формы. При этом одна из наиболее трудоёмких операций этого техпроцесса – изготовление разовой песчаной формы.

Традиционная АФЛ включает в свой состав следующие основные агрегаты (блоки):
транспортную систему (литейный конвейер);
формовочный автомат (или несколько автоматов);
распаровщик опок; сборщик форм; простановщик стержней; кантователи и/или установщики форм;
заливочное устройство; устройство выбивки форм;
грузоукладчик; АСУ автоматической линией;
системы энергообеспечения линии (рисунок 2.1).

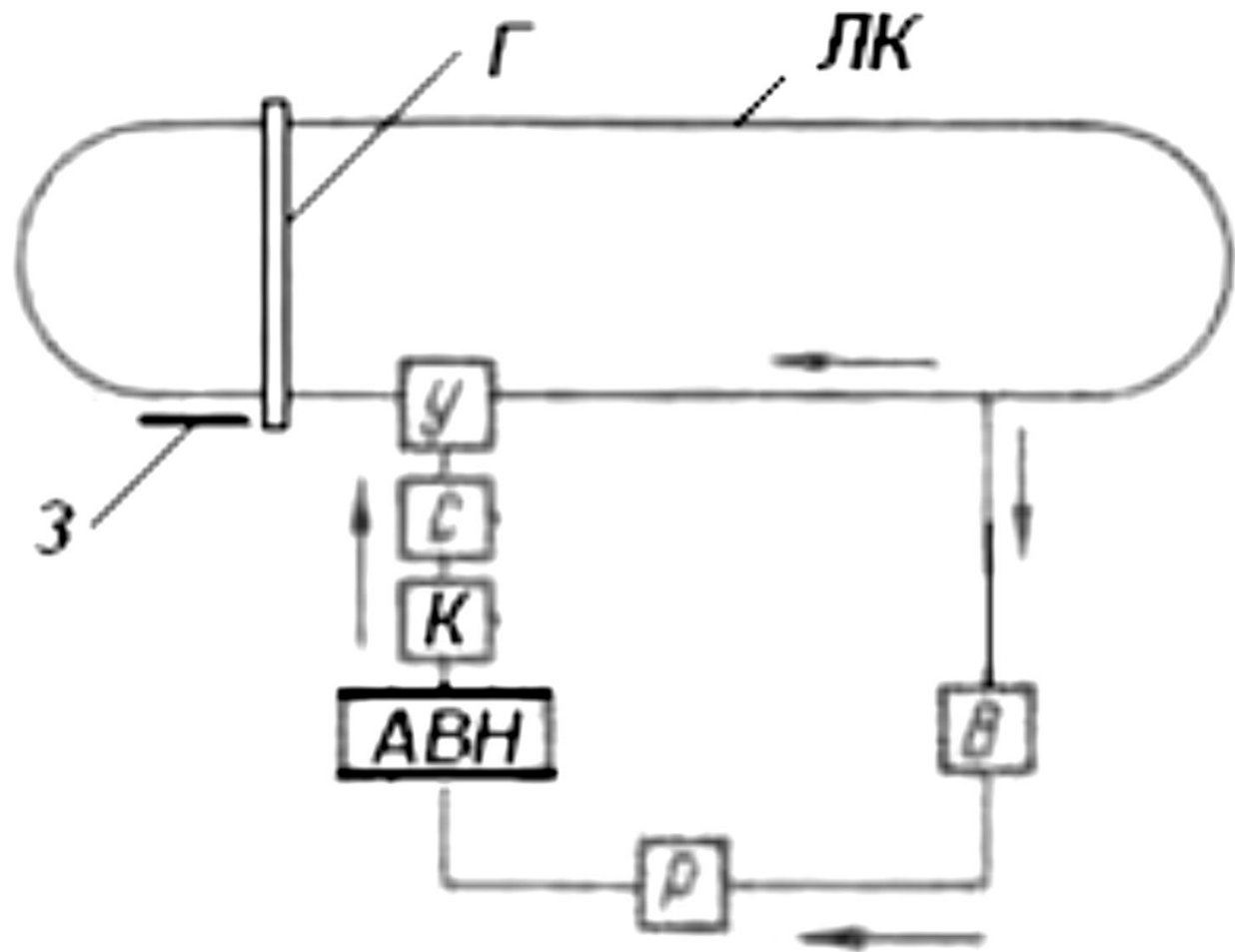


Рисунок 2.1 – Схема опочной АФЛ с одним формовочным блоком

На рисунке 2.1 – Схема опочной АФЛ с одним формовочным блоком: *ЛК* – литейный конвейер, *Г* – грузоукладчик, *З* – заливочная установка, *У* – установщик форм, *С* – сборщик форм, *К* – кантователь, *АВН* – автомат для верхних и нижних полуформ, *Р* – распаровщик, *В* – выбивная установка.

На первых АФЛ для изготовления форм из ПГС использовались прессовые и вибропрессовые формовочные машины. В настоящее время существует большое количество АФЛ, отличающихся по методам формообразования, по типу используемых смесей, по компоновочным схемам, по виду используемых межоперационных (транспортных) связей, по принципу действия формовочных автоматов и т.д.

На формовочных автоматах, как правило, выполняются следующие операции: замена модельной оснастки; обдув (очистка) и опрыскивание модельного комплекта; установка опоки; установка наполнительной рамки; подача смеси в дозатор; дозирование порции смеси; предварительное уплотнение смеси; окончательное уплотнение; срезка излишков смеси; образование заливной воронки; накол каналов для выхода газов; извлечение моделей; удаление полуформы.

Формовочные автоматы принято классифицировать: по способу уплотнения (прессование, встряхивание, импульс); по типу автомата (проходной, челночный, карусельный); по числу позиций; по способу дозирования (шиберные дозаторы, коробчатые, секторные, с жалюзийным затвором и др.); по способу протяжки модели (штифтовый, рамочный, с поворотом на 180°).

На рис. 2.2 показана схема одной из первых в СССР серийных автоматических формовочных линий модели 22821 для мелкосерийного и серийного производства отливок из чугуна и стали. Линия может иметь два или три формовочных блока и различные варианты компоновки оборудования (в зависимости от условий и требований производства).

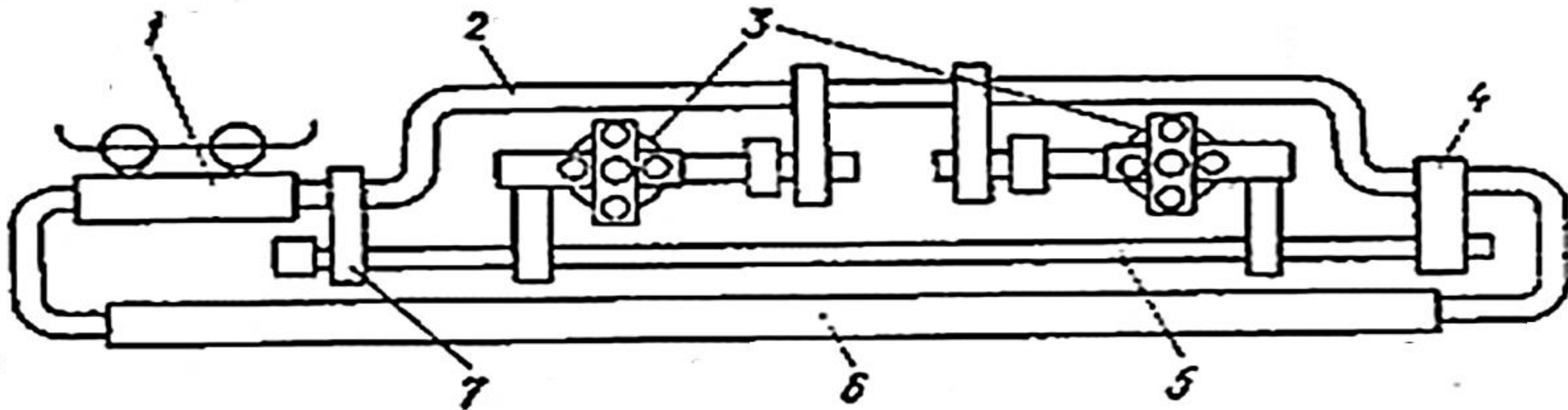


Рисунок 2.2 – Схема АФЛ модели 4Л22821:

1 – нагрузжатель форм; 2 – литейный конвейер;

3 – автоматические формовочные блоки;

4 – выбивная установка; 5 – рольганг-накопитель

пустых опок; 6 – охлаждающий кожух;

7 – установка возврата пустых опок на литейный

конвейер

На формовочном автомате карусельного типа производится: I – замена, обдужка и опрыскивание модели; II – кантование опоки, засыпка и предварительное прессование смеси; III – встряхивание и допрессовка смеси; IV – протяжка модели и кантование полуформ.

Максимальная производительность одного формовочного блока 120 форм/ч. Металлоёмкость формы 20-30 кг. Размеры опок 500х400х150/150 мм. Наличие нескольких формовочных блоков на одном литейном конвейере обеспечивает возможность на АФЛ одновременно получать различные отливки и работать при выходе из строя одного из блоков.

2.1.2 АФЛ

вертикально-стопочные

Вертикально-стопочные формы бывают с двусторонним отпечатком (рис. 2.3) и односторонним отпечатком моделей (рис. 2.4).

Литье в вертикально-стопочные формы позволяет обеспечить исключительную рациональность конструкции формы, в которой отливки располагаются на одном стояке в несколько этажей. Схема комплексной автоматической линии ВСФ мод. 725Ф7 БЕЛНИИЛИТ представлена на рисунке 2.5.

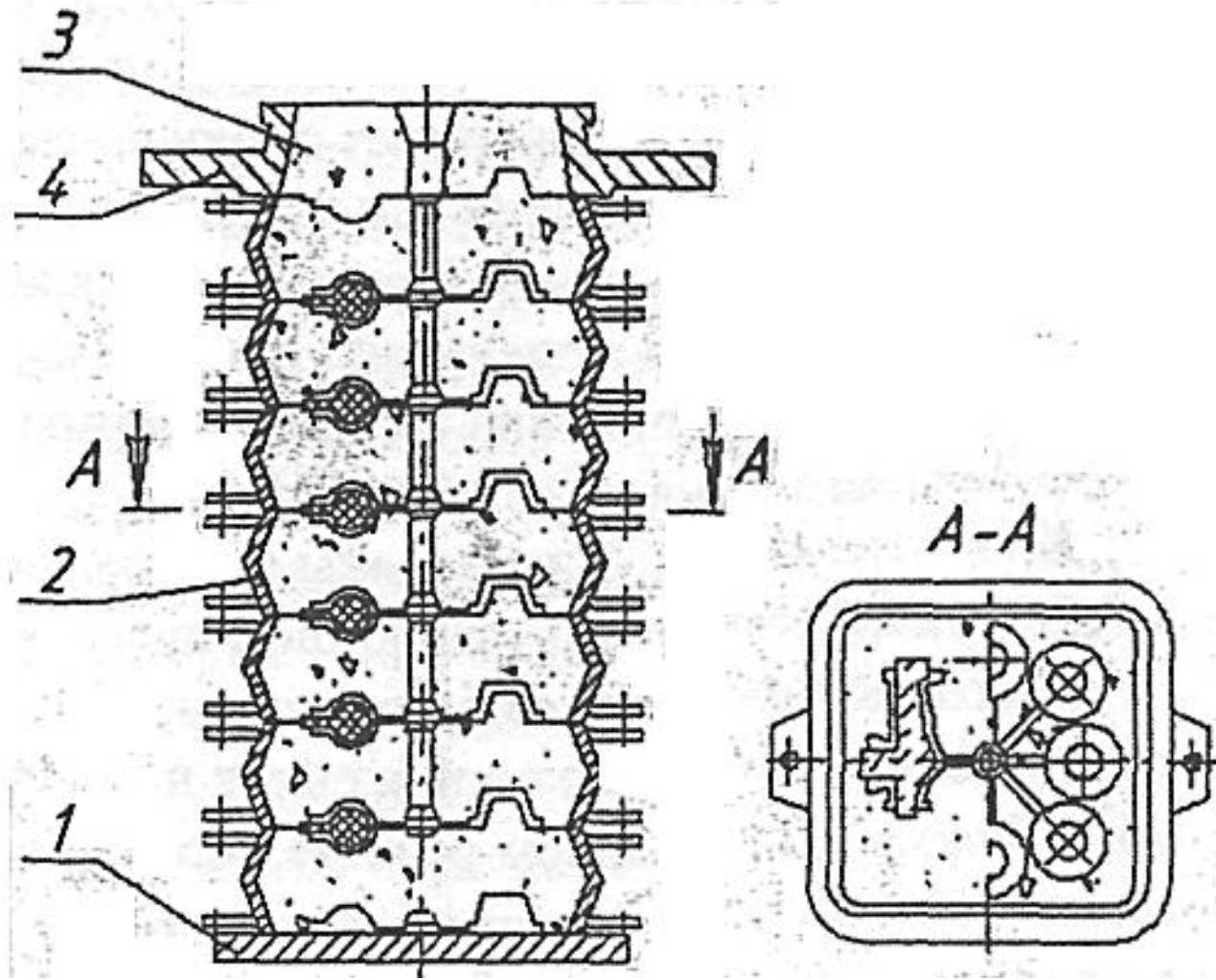


Рисунок 2.3 – Стопочная формовка с двусторонним отпечатком моделей: 1 – поддон, 2 – опока, 3 – заливочная чаша, 4 – груз

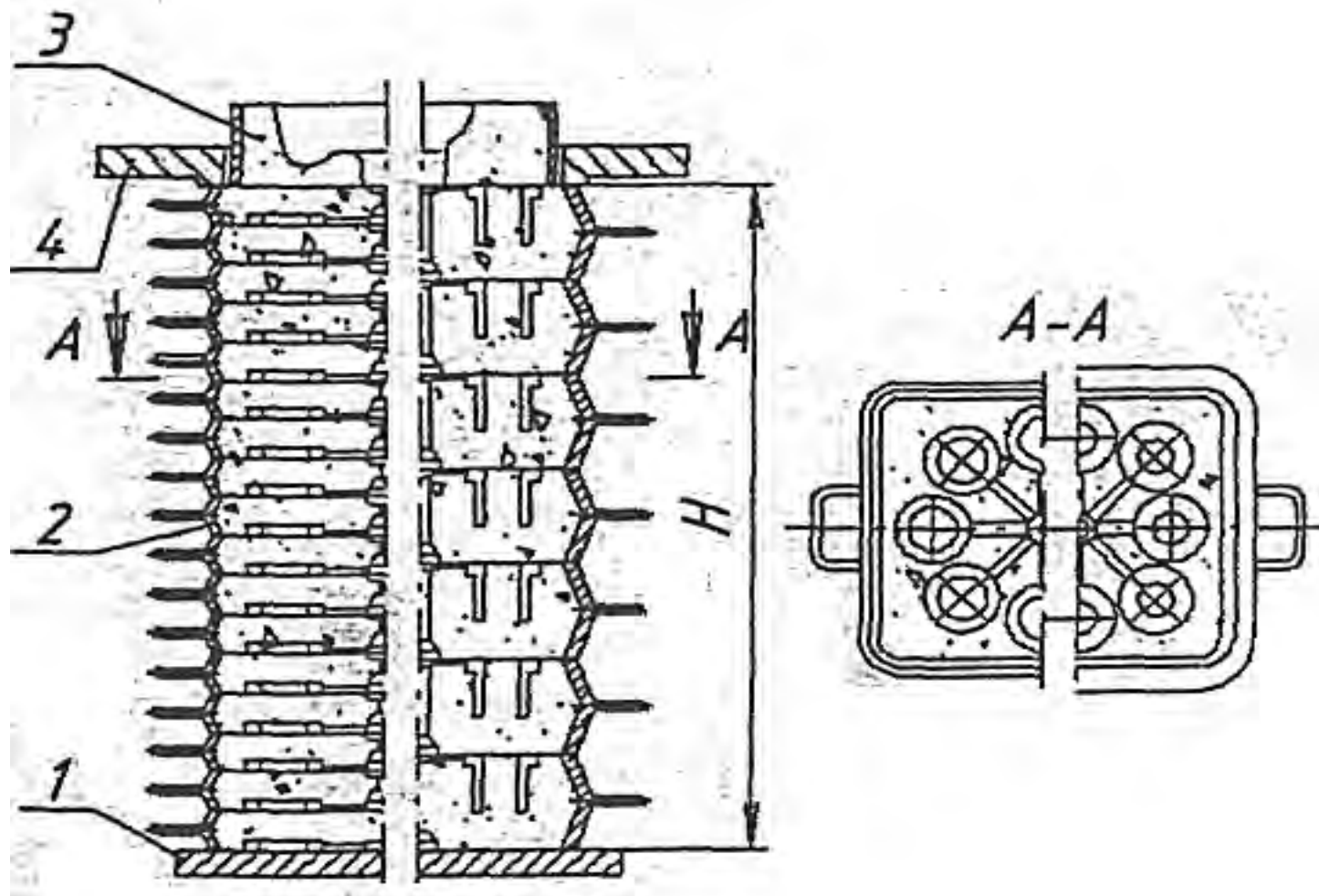


Рисунок 2.4 – Стопочная формовка с односторонним отпечатком моделей: 1 – поддон, 2 – опока, 3 – заливочная чаша, 4 – груз

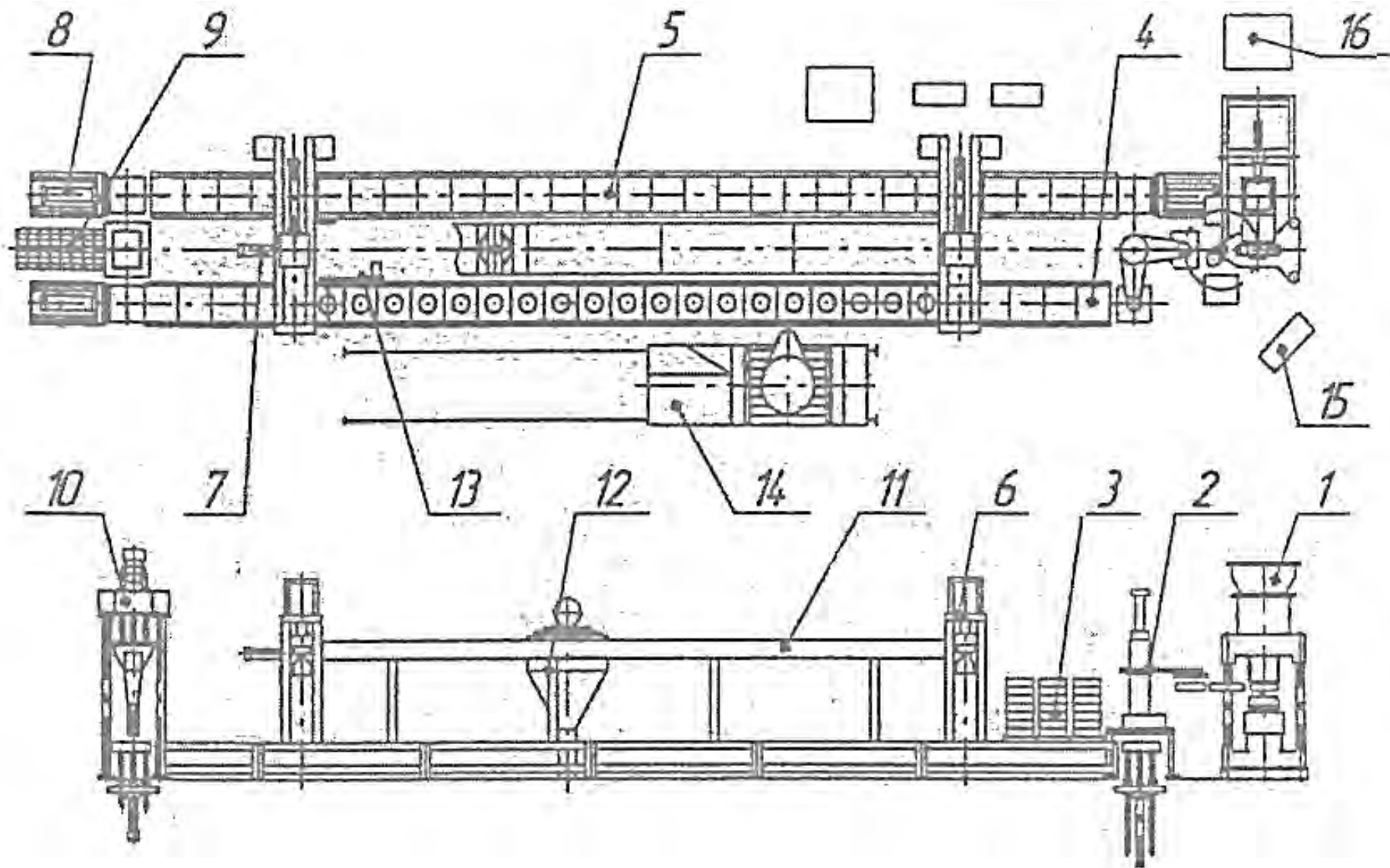


Рисунок 2.5 – Схема комплексной автоматической линии ВСФ мод. 725Ф7 БЕЛНИИЛИТ

К рисунку 2.5 – Схема комплексной автоматической линии ВСФ мод. 725Ф7 БЕЛНИИЛИТ:

1 – формовочная машина, 2 – манипулятор форм, 3 – стопка форм, 4 – ветвь формовки и заливки, 5 – ветвь пустых стопок, 6 – грузоукладчик, 7 – толкатель грузов, 8 – толкатель пустых стопок, 9 – установка выбивки форм, 10 – манипулятор стопок, 11 – трасса для грузов, 12 – механизм очистки грузов, 13 – механизм очистки поддонов, 14 – заливочная тележка, 15 – пульт, 16 – гидростанция.

Техническая характеристика автоматической линии ВСФ мод.725Ф7

Размер опок в свету.....	500x400x100 мм
Цикловая производительность.....	140 форм/ч
Давление прессования.....	0,8 МПа
Установленная мощность,.....	38 кВт
Габариты.....	2300x5790x3200 мм
Масса.....	23 т

2.1.3 АФЛ изготовления форм воздушно-прессовым методом

Воздушно-прессовый метод изготовления разовых песчано-глинистых форм «сейатсу-процесс» (Seiatsu) запатентованный японской фирмой «Синто» в настоящее время один из самых популярных методов формообразования, позволяющий получать формы с высокой производительностью и высокого качества.

Принцип уплотнение форм воздушным потоком с прессованием представлен на рисунках 2.6 – 2.9.

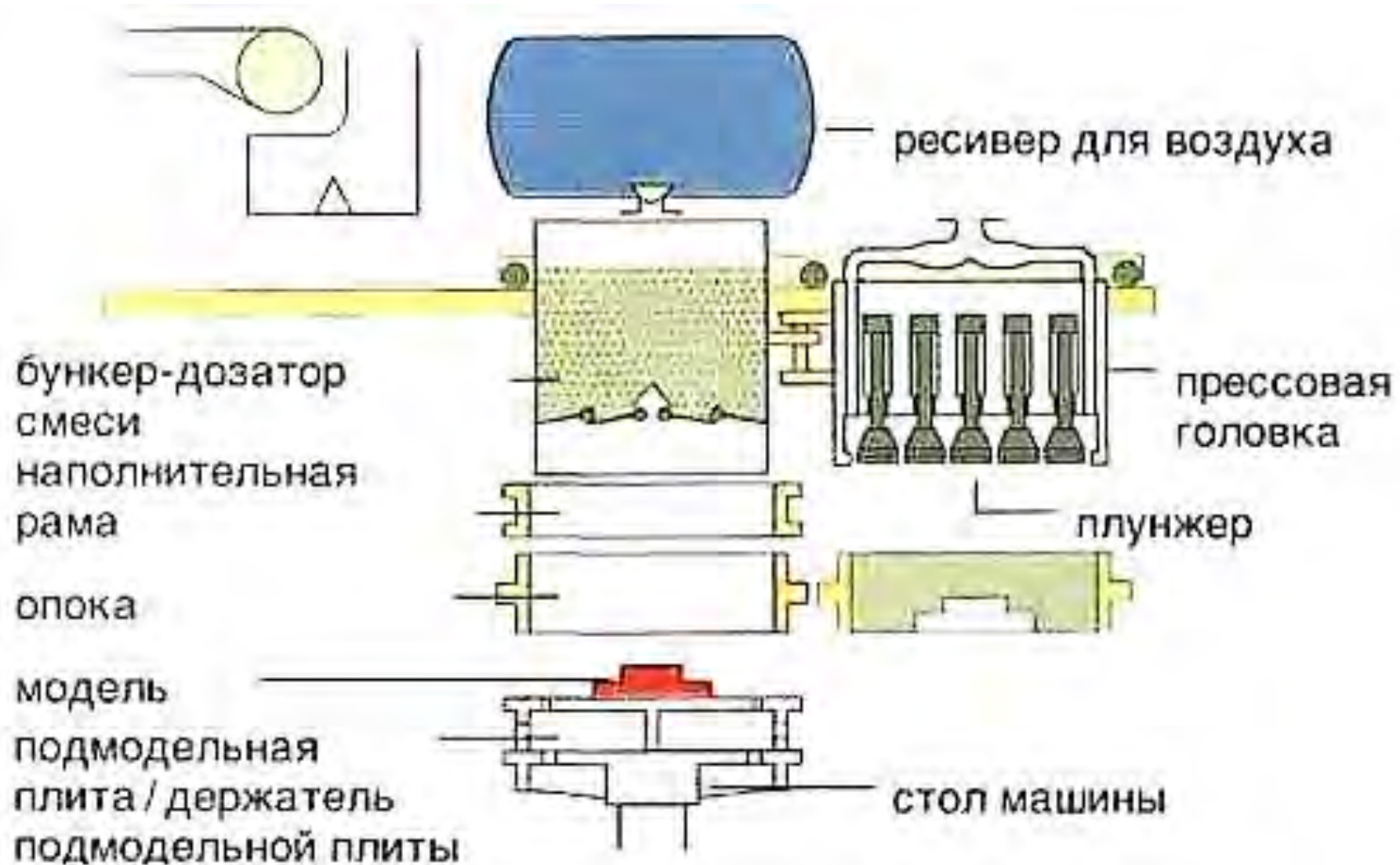


Рисунок 2.6 – Исходное положение

Пространство между подмодельной плитой с моделью, опокой и наполнительной рамой, заполняется формовочной смесью при помощи жалюзийного затвора бункера-дозатора.

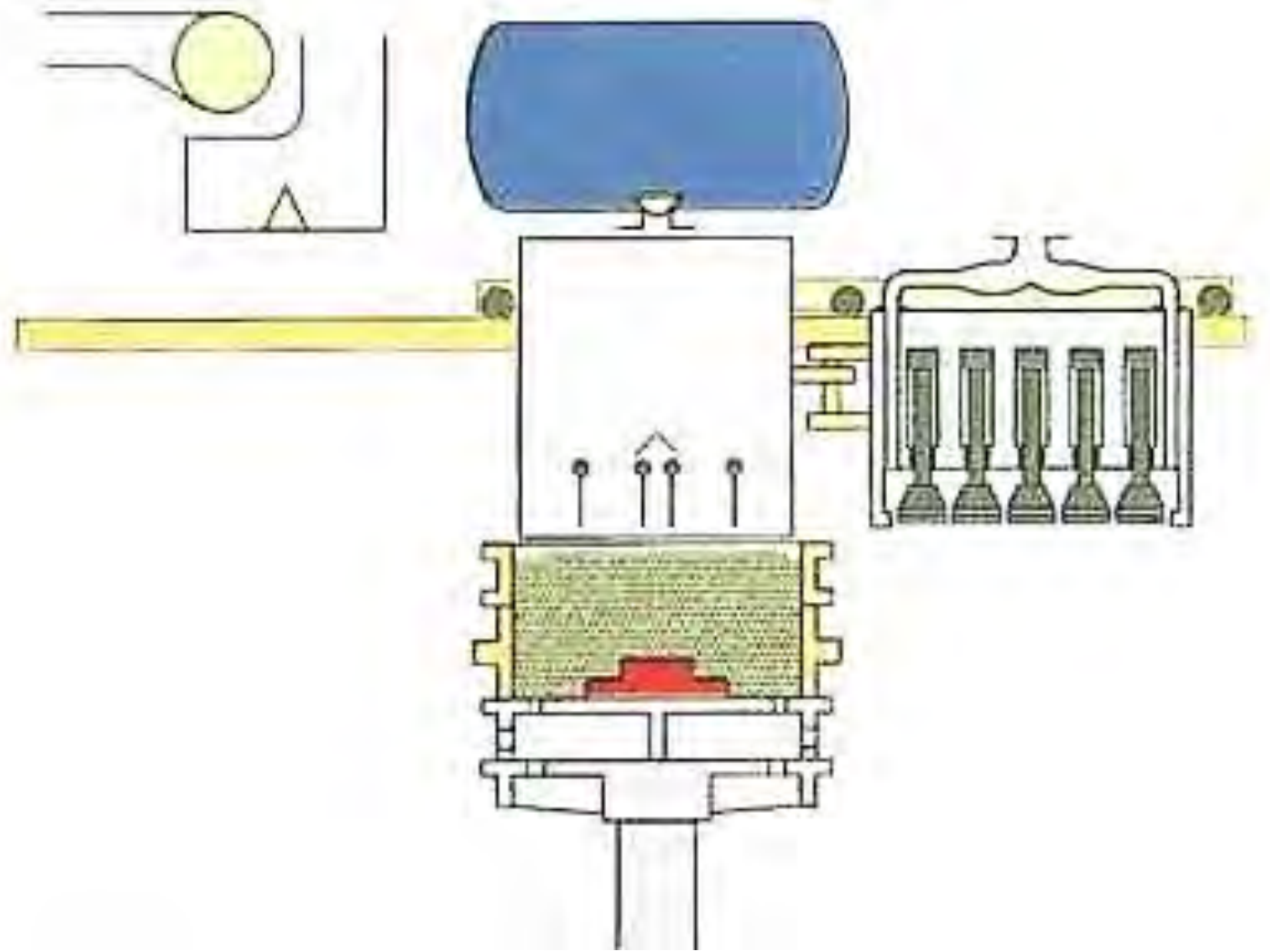


Рисунок 2.7 – Засыпка формовочной смеси

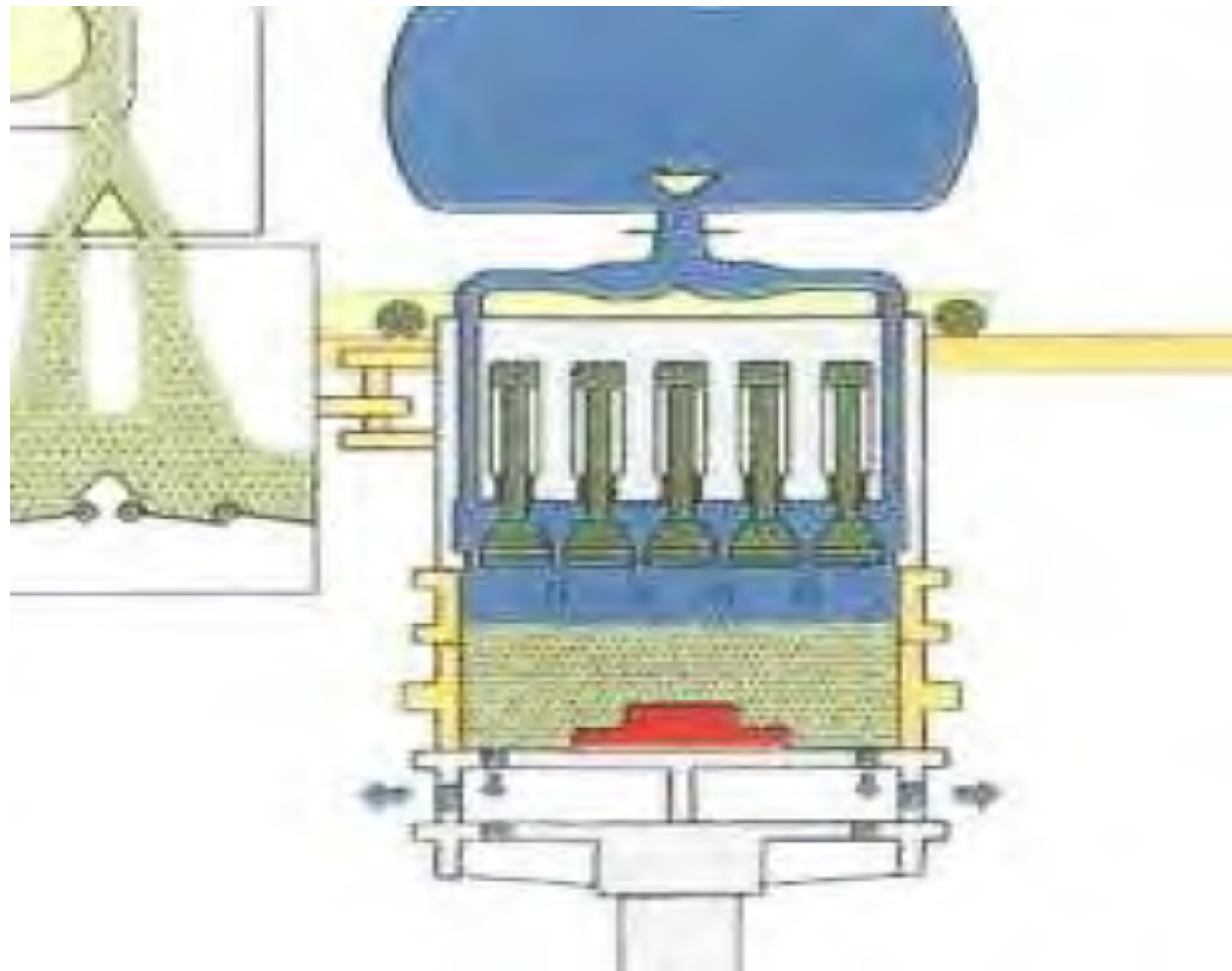


Рисунок 2.8 – Продувка воздухом формовочной смеси

К рисунку 2.8. Бункер-дозатор передвигается под ленточный питатель запасного бункера смеси и одновременно прессовая головка занимает положение над наполнительной рамой формы. Стол машины поднимается и прижимает держатель подмодельной плиты с опокой и наполнительной рамой к прессовой головке герметизируя пространство формы. Затем кратковременно открывается клапан воздухоборника и воздушный поток проходит через формовочную смесь от контрлада в сторону модели и уходит через венты в подмодельной плите.

Дополнительное
прессование
сверху плоской
прессовой плитой,
мембраной или
многоплунжерной
головкой
окончательно
уплотняет форму.

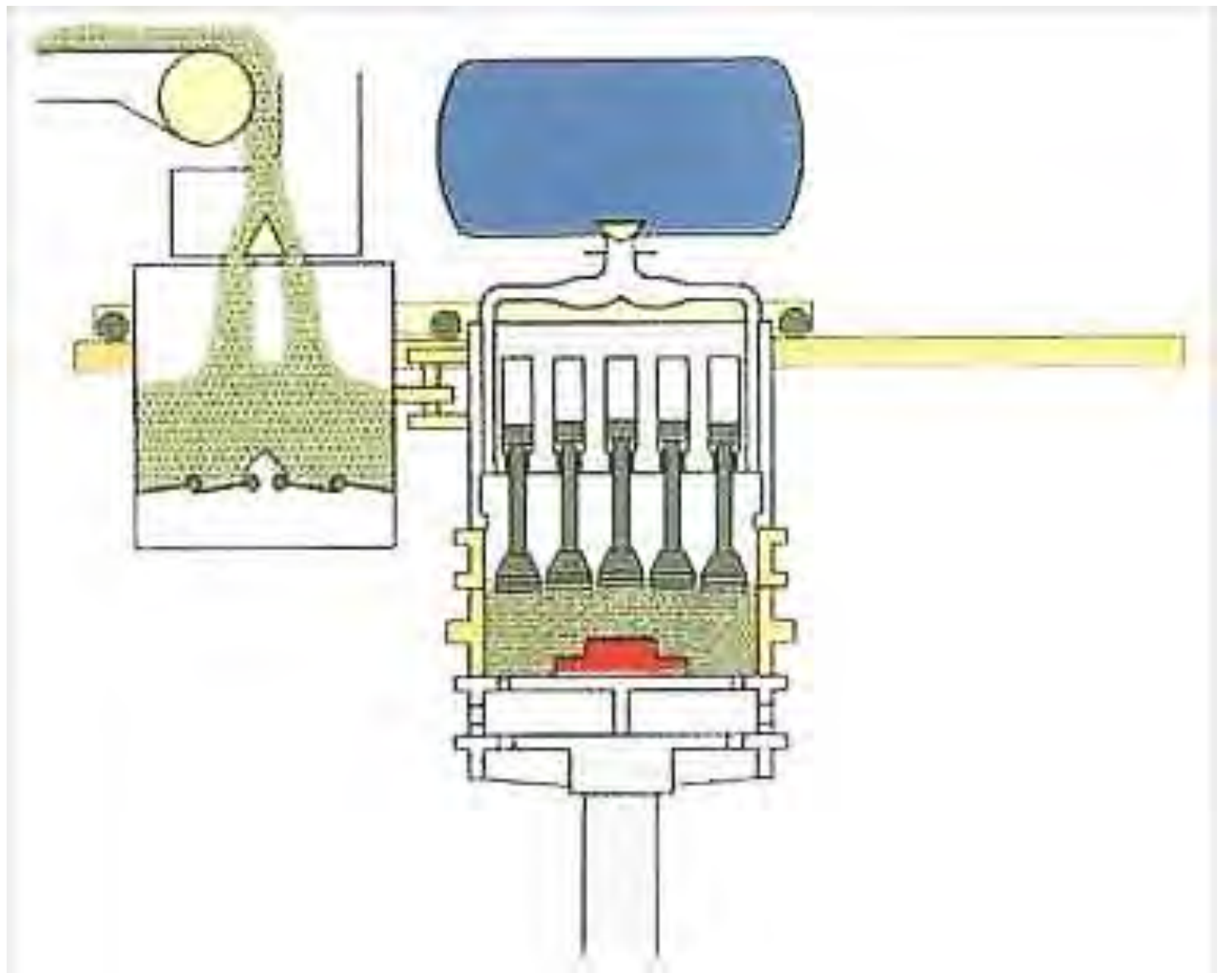


Рисунок 2.9 – Прессование
формовочной смеси

Во время процесса уплотнения полуформы бункер-дозатор снова заполняется смесью. Вытяжка модели из формы происходит путём опускания стола машины. Одновременно передвигаются бункер-дозатор смеси и прессовая головка в исходное положение.

Лидером по выпуску АФЛ, основанных на применении «сейатсу-процесса» является немецкий концерн «HWS».

В составе АФЛ формовочные автоматы для одновременного изготовления верхних и нижних полуформ, стержнеукладчик, автомат заливщик, устройство выбивки форм, система подготовки оборотной формовочной смеси и смесеприготовления, а также система управления.

На рис. 2.10 представлена схема типовой АФЛ фирмы HWS с четырехпозиционной формовочной машиной типа EFA-SD с одновременным изготовлением полуформ верха и низа, автоматической сменой модельной оснастки и многоплунжерной прессовой головкой.

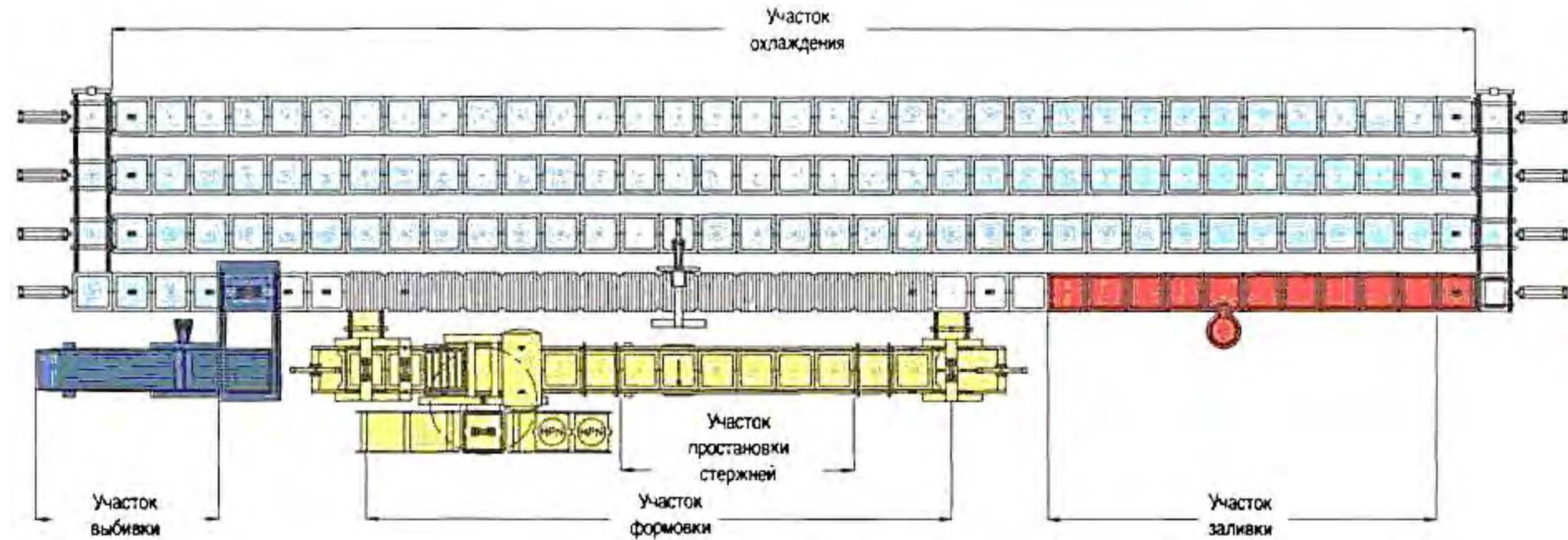


Рисунок 2.10 – Формовочная опочная линия HWS

В процессе работы линии опоки с формами с участка охлаждения поступают на выбивную решётку и после выбивки возвращаются на тележку конвейера. Далее распаровщик поочерёдно снимает верхние опоки с нижних опок. Пустые опоки передаются на формовочную машину с помощью толкателя. Литниковые воронки и выпоры в верхней полуформе просверливаются на кантователе.

После возвращения верхней опоки с помощью кантователя в прежнее положение, в установке спаривания формы собираются. Линия оснащена автоматическим заливочным устройством.

Работу одной из АФЛ изготовления форм воздушно-прессовым методом смотри на [видео 3](#).

2.1.4 АФЛ

вакуумно-плёночной формовки

Вакуумно-плёночная формовка (V-процесс) – метод формообразования запатентованный в 1971 г. Метод используют при изготовлении крупных ответственных отливок из различных сплавов, в том числе чугуна и стали небольшими и средними сериями.

Сущность V-процесса формовки заключается в использовании синтетических полимерных покрытий (пленок) и вакуума для получения сухих литейных форм из формовочного песка без связующего материала. Достигается это за счёт избыточного напряжения сжатия между песчинками при создании вакуума в сыпучем огнеупорном наполнителе формы.

Достоинства V-процесса :

- отсутствие необходимости в связующих материалах, смесеприготовителе, выбивном и очистном оборудовании;
- экологическая чистота процесса;
- высокое качество поверхности и точность отливок;
- минимальные припуски на механическую обработку отливок, литейные радиусы и уклоны;
- небольшой расход свежего песка (2-5%);
- минимальный износ модели;
- минимальная себестоимость литейной формы

Основные недостатки:

- запылённость рабочего места при выбивке;
- большое количество ручных операций;
- наличие дорогостоящего энергоёмкого вакуумного оборудования;
- сложная в изготовлении модельно-опочная оснастка.

Принцип уплотнение форм воздушным потоком с прессованием представлен на рисунках 2.11 – 2.19.

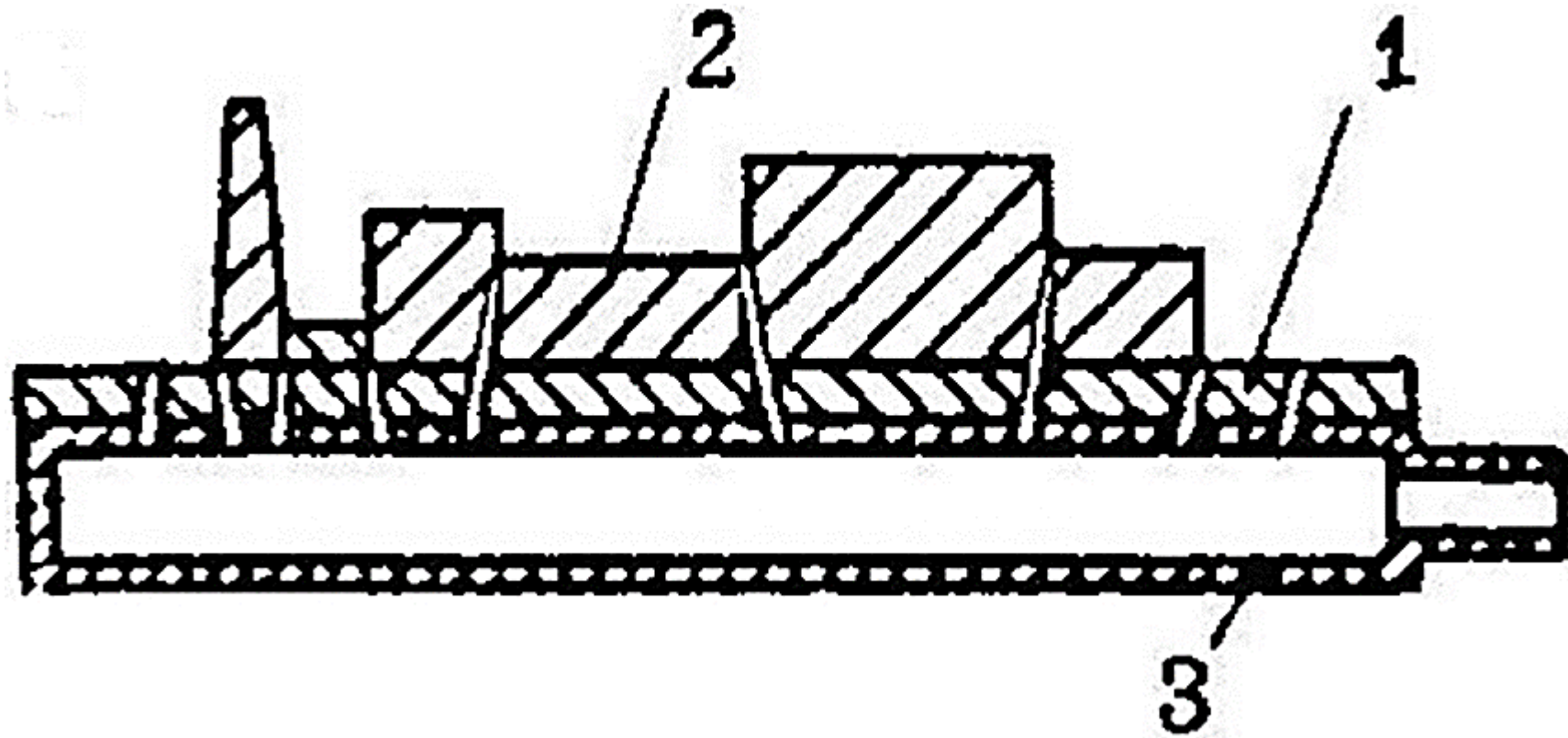


Рисунок 2.11 – Монтаж модели:

1 – подмодельная плита, 2 – модель, 3 – вакуумируемая подмодельная камера

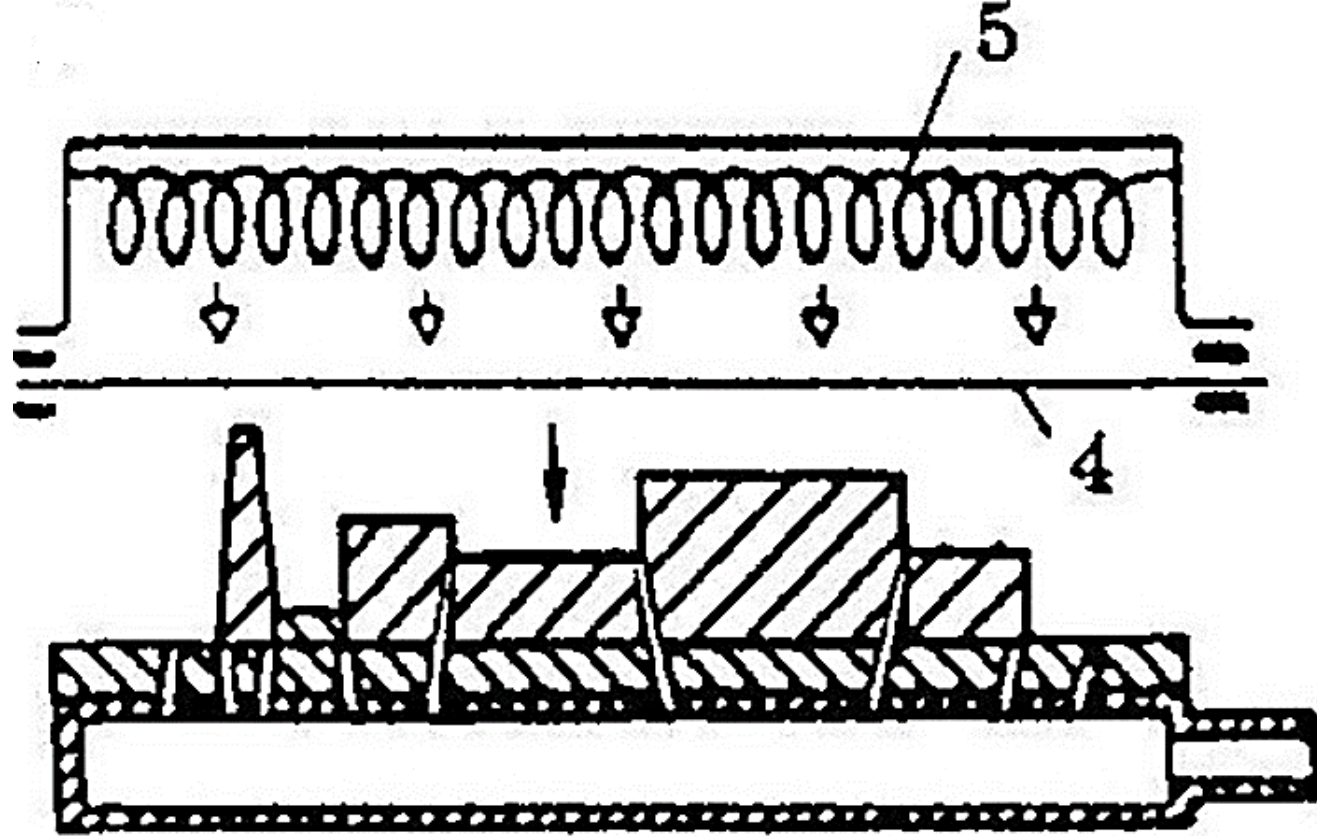


Рисунок 2.12 – Подогрев синтетической пленки:

4 – плёнка, 5 – нагреватель

Плётка переводится в пластическое состояние при температуре $\sim 40 - 50$ °С.

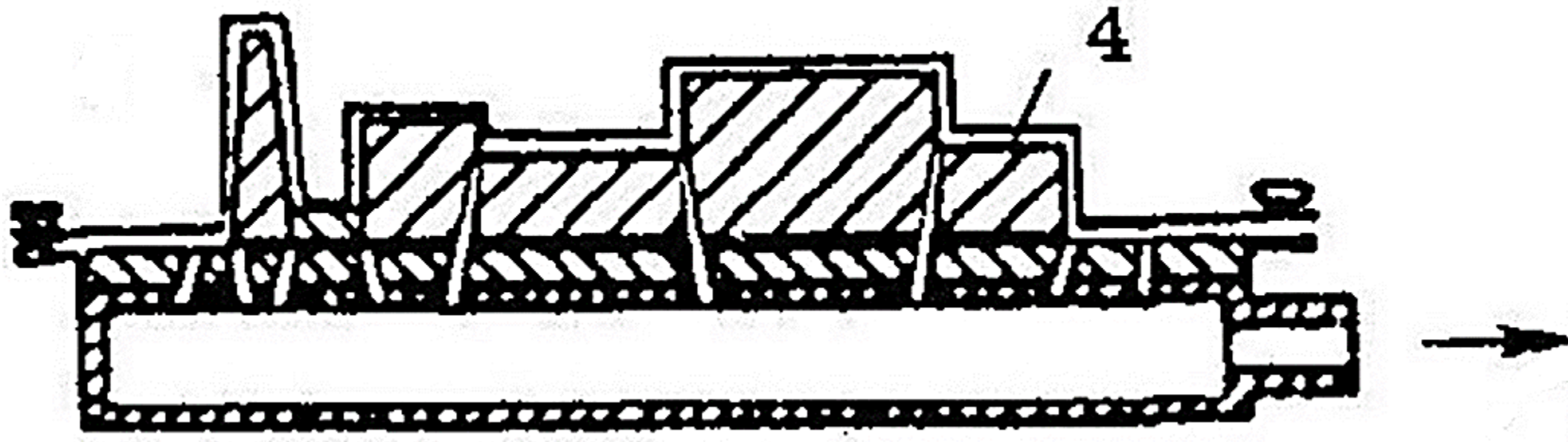


Рисунок 2.13 – Накладывание пленки сверху на модель и подключение к вакуумному насосу: 4 – плёнка

Пленку покрывают противопригарной краской.

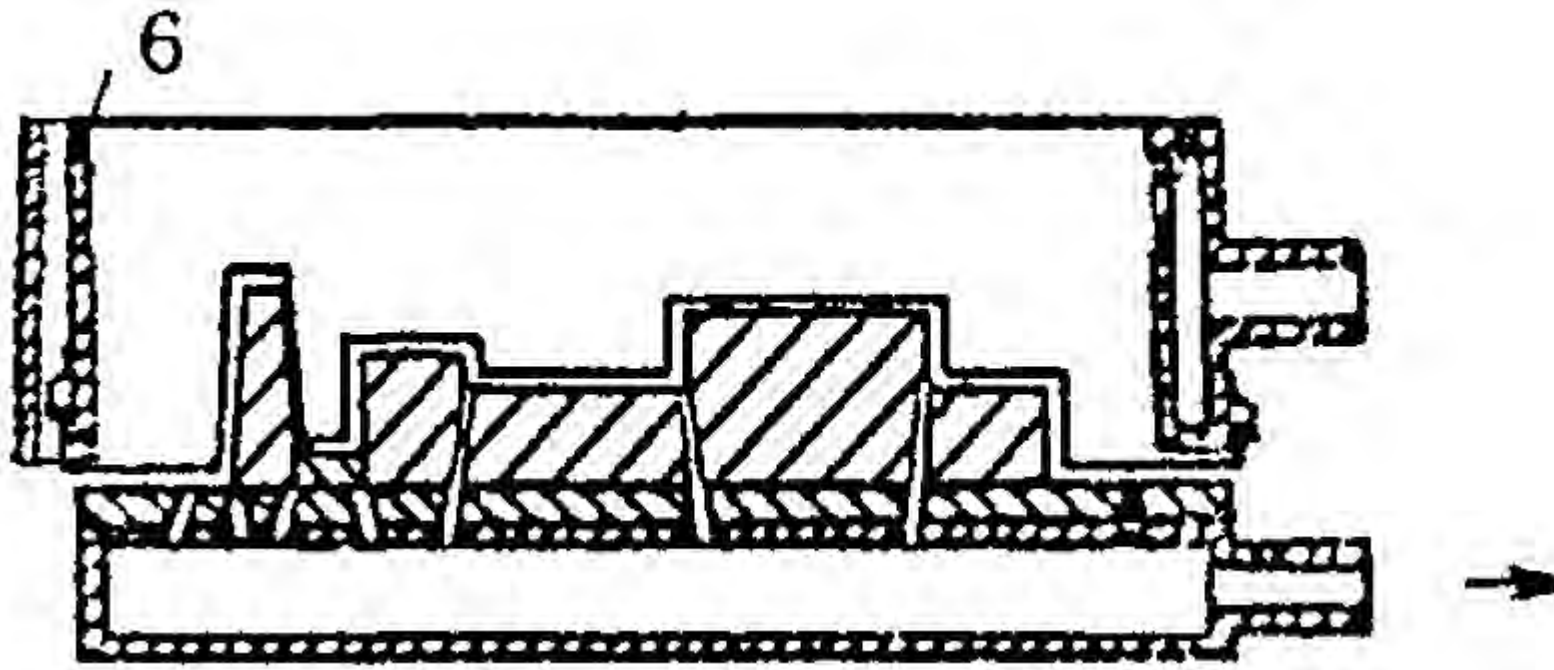


Рисунок 2.14 – Установка на модельную плиту
пустотелой опоки: б – опока

Полые стенки опоки б соединяются с коллектором
отсасывающего устройства.

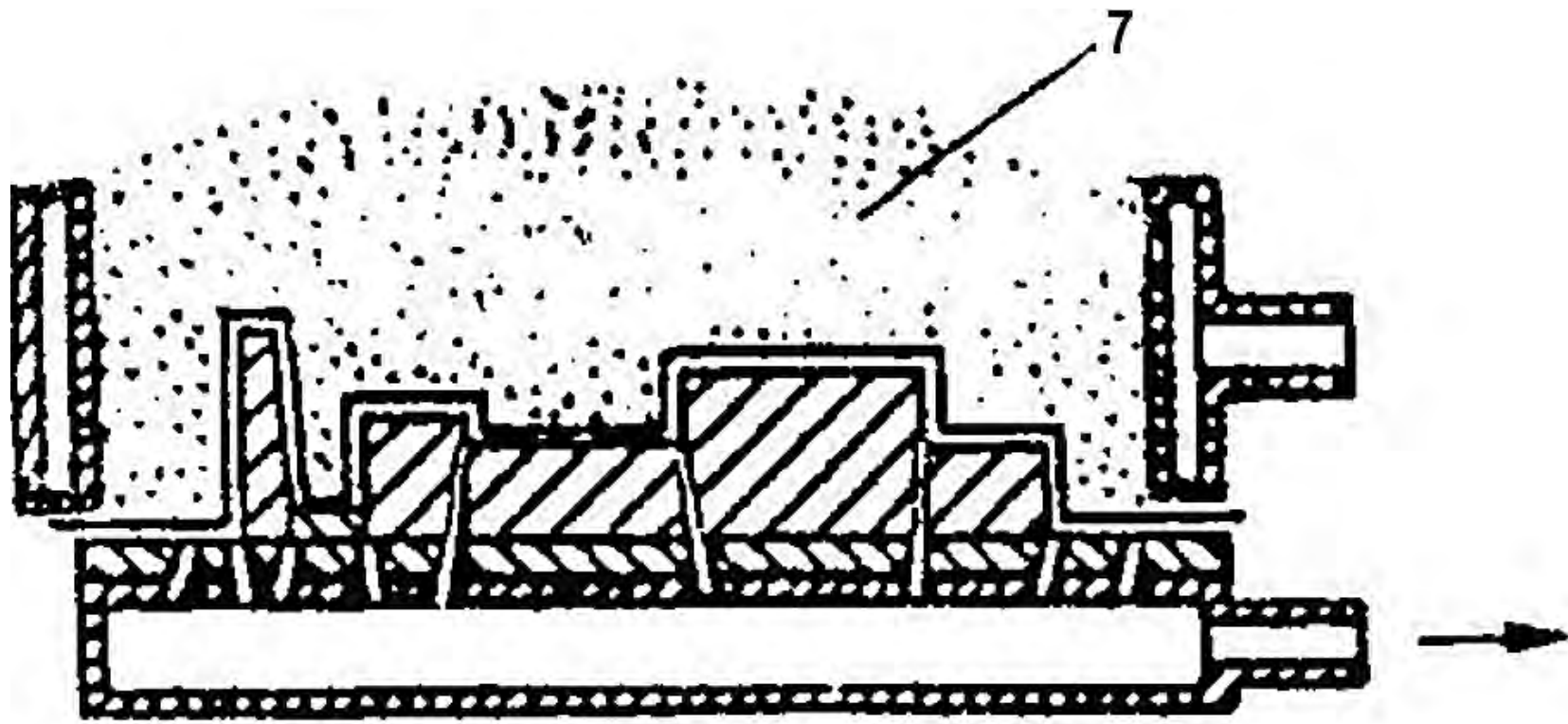


Рисунок 2.15 – Засыпка в опоку сухого мелкозернистого песка: 7 – песок

Песок без связующего материала уплотняется его лёгкой вибрацией.

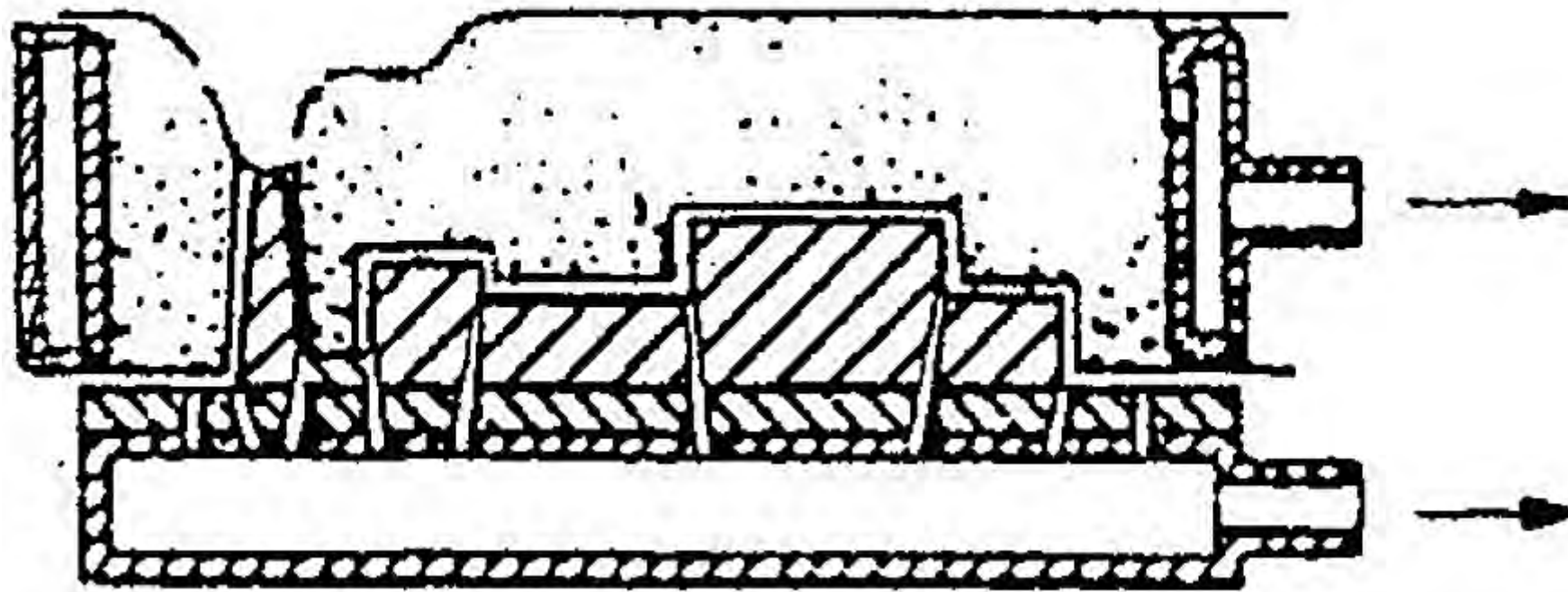


Рисунок 2.16 – Удаление избытка песка из полуформы, накладка на поверхность полуформы синтетической плёнки

Опока подключается к вакуумному насосу для уплотнения формовочного материала.

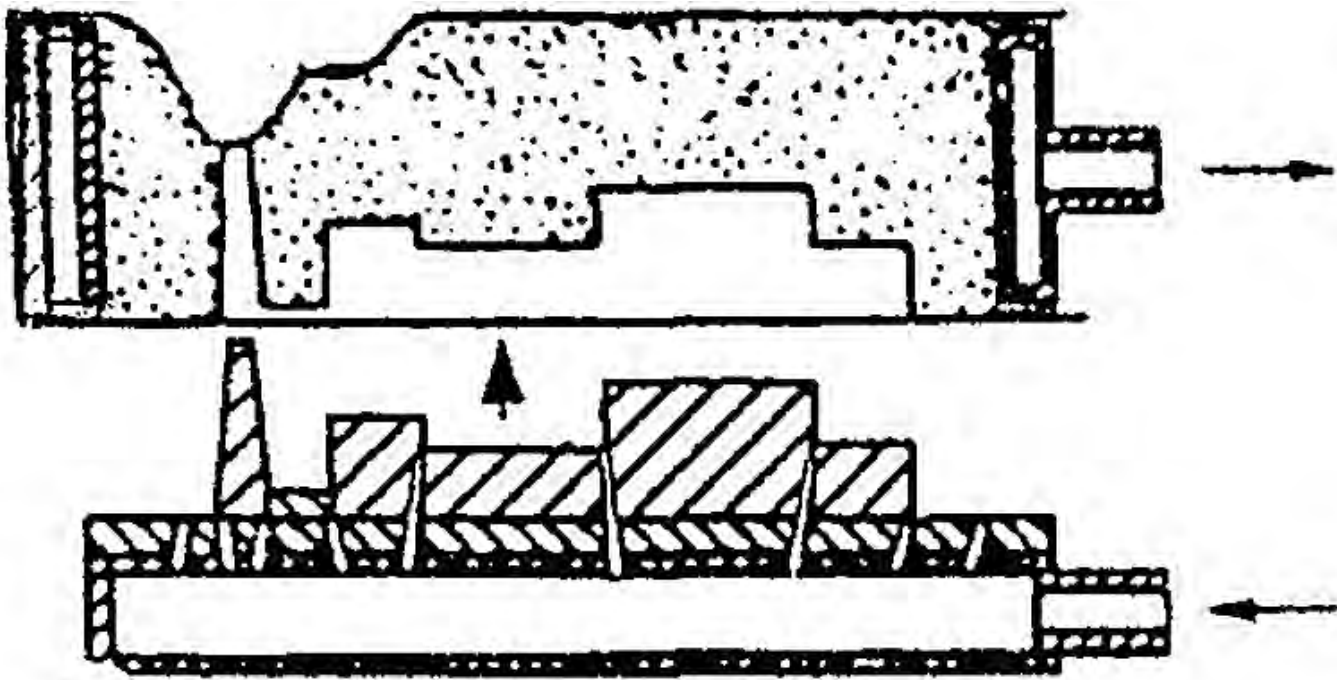


Рисунок 2.17 – Отключение от вакуумного насоса подмодельной камеры и съём готовой полуформы

Верхняя и рабочая поверхности полуформы покрыты синтетической плёнкой.

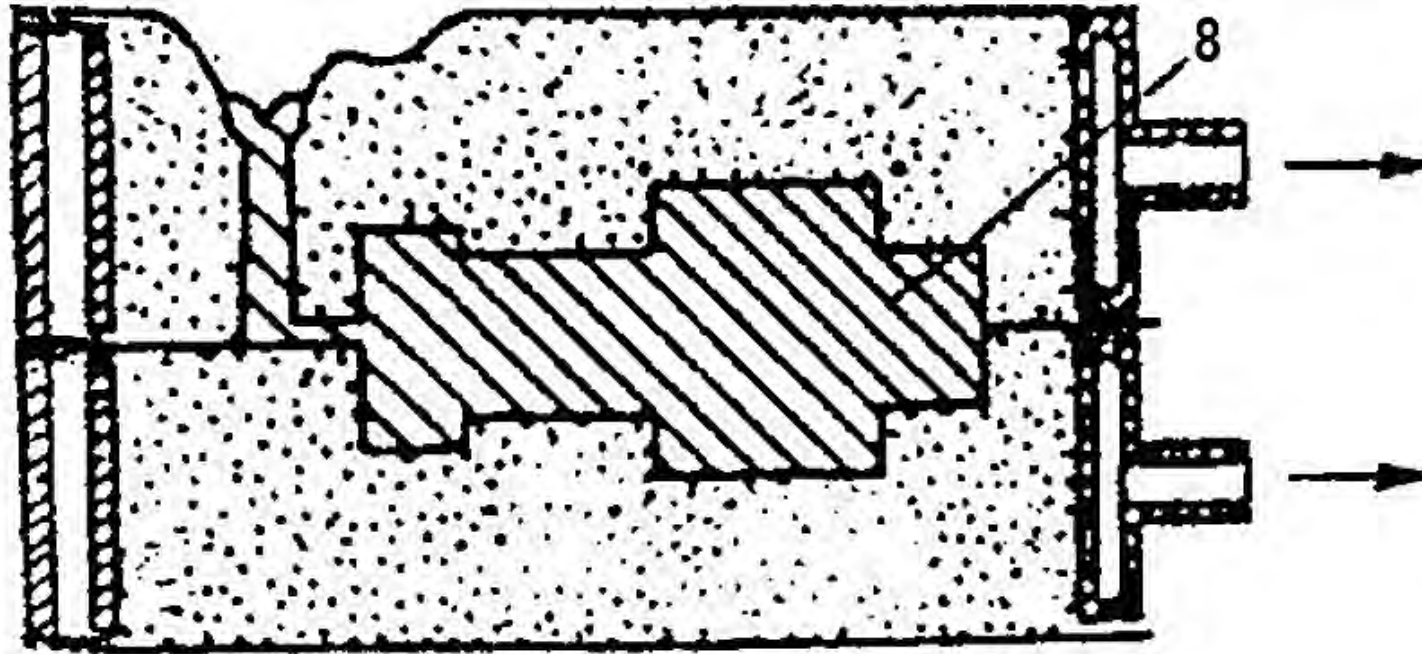


Рисунок 2.18 – Установка стержня в нижнюю полуформу и сборка формы: 8 – стержень

В процессе транспортировки и сборки формы вакуум поддерживается обратным клапаном ОПОКИ.

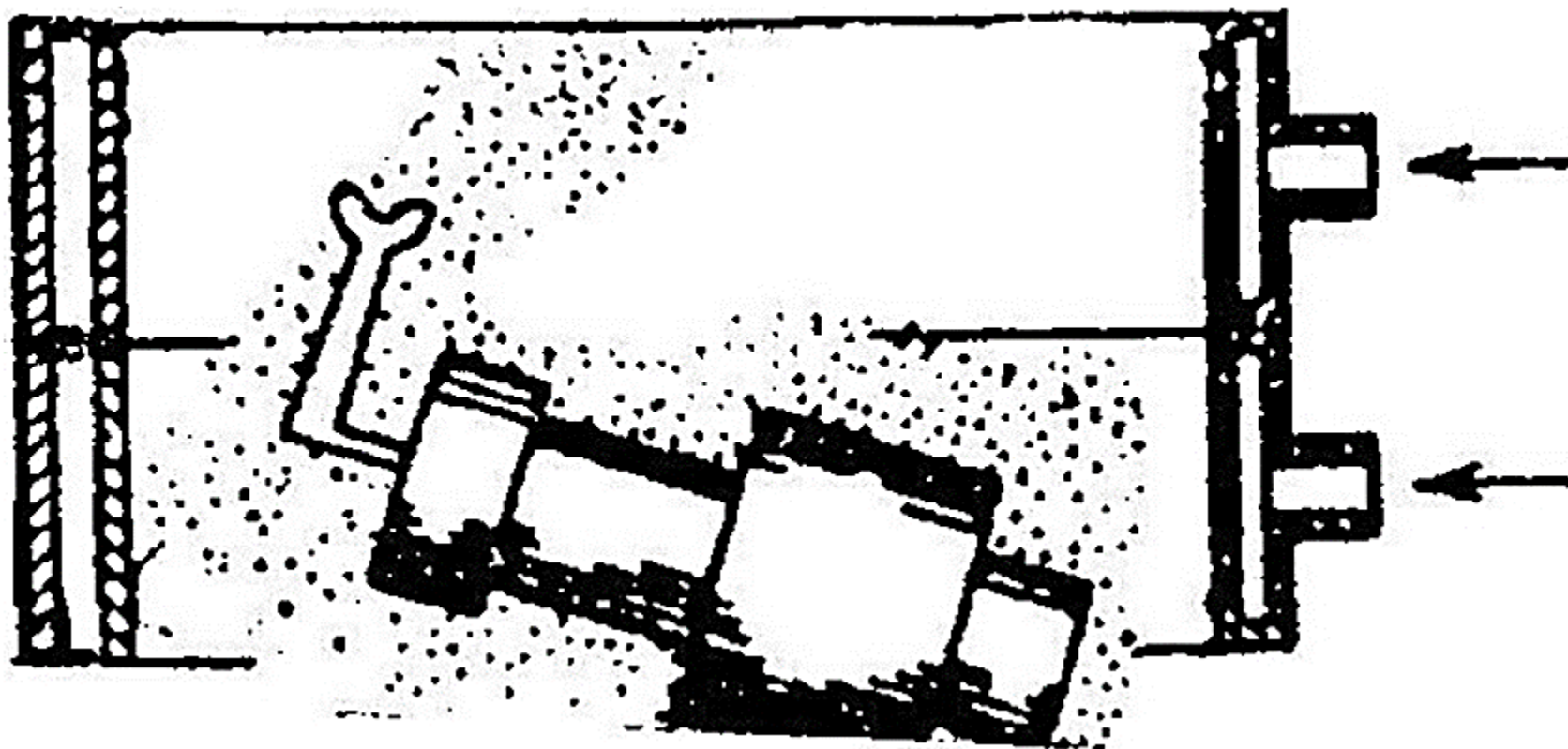


Рисунок 2.19 – Отключение насосов и удаление
из опоки песка и отливки

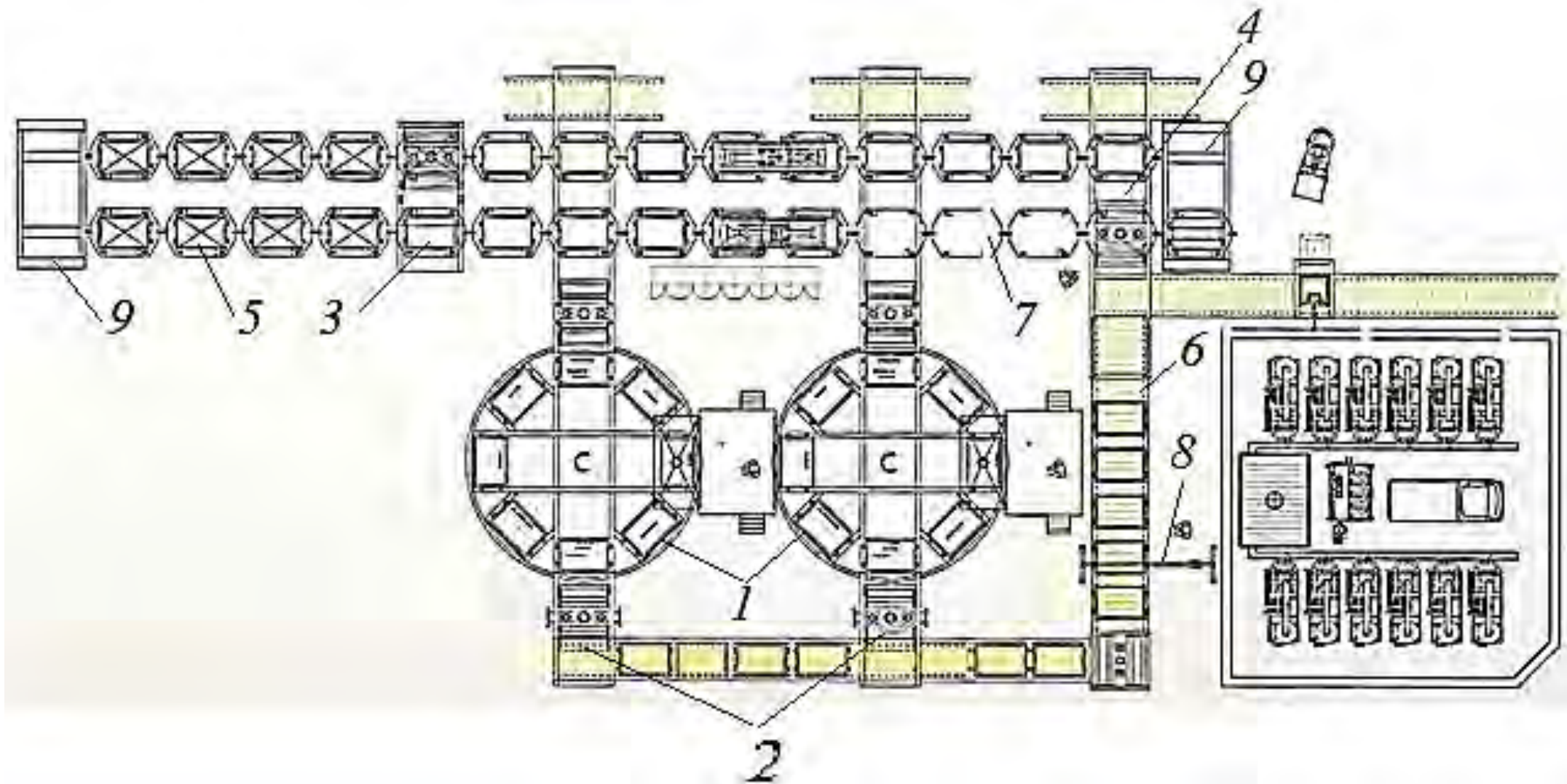


Рисунок 2.20 – Схема автоматической линии вакуумно-плёночной формовки VFK 7 (HWS)

К рисунку 2.20 – Схема АФЛ вакуумно-пленочной формовки: 1 – две формовочных установки карусельного типа, 2 – манипуляторы, 3 – грузоукладчик, 4 – распаровщик опок, 5 – литейный тележечный конвейер, 6 – приводной рольганг, 7 – устройство очистки платформ конвейера, 8 – устройство очистки опок, 9 – механизмы перестановки тележек

2.1.5 АФЛ для изготовления отливок в замораживаемых формах

Замораживаемые формы изготавливают из смесей, основным связующим которых является вода. В качестве хладагента (хладоносителя), как правило, используют жидкий или газообразный азот. Замораживание форм может осуществляться двумя способами – после снятия формы с модели и до снятия с модели.

Реализация первого способа требует обязательного введения в состав смеси дополнительно глинистого связующего материала, обеспечивающего необходимую манипуляторную прочность. При изготовлении форм по второму способу необходимость в глинистом связующем отсутствует.

На рис. 2.21 представлена схема линии для изготовления замораживанием форм, снятых с моделей. Жидкий азот при температуре $195,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ из изотермической передвигжной ёмкости 1 через металлорукав 2 подают в теплоизолированный бак 3. Через загрузочное окно 5 форма 4, погружается в жидкий азот. Образующиеся при этом холодные пары азота вентилятором 6 подаются к стеллажу для собранных форм 7, обеспечивая тем самым поддержание режима их замораживания.

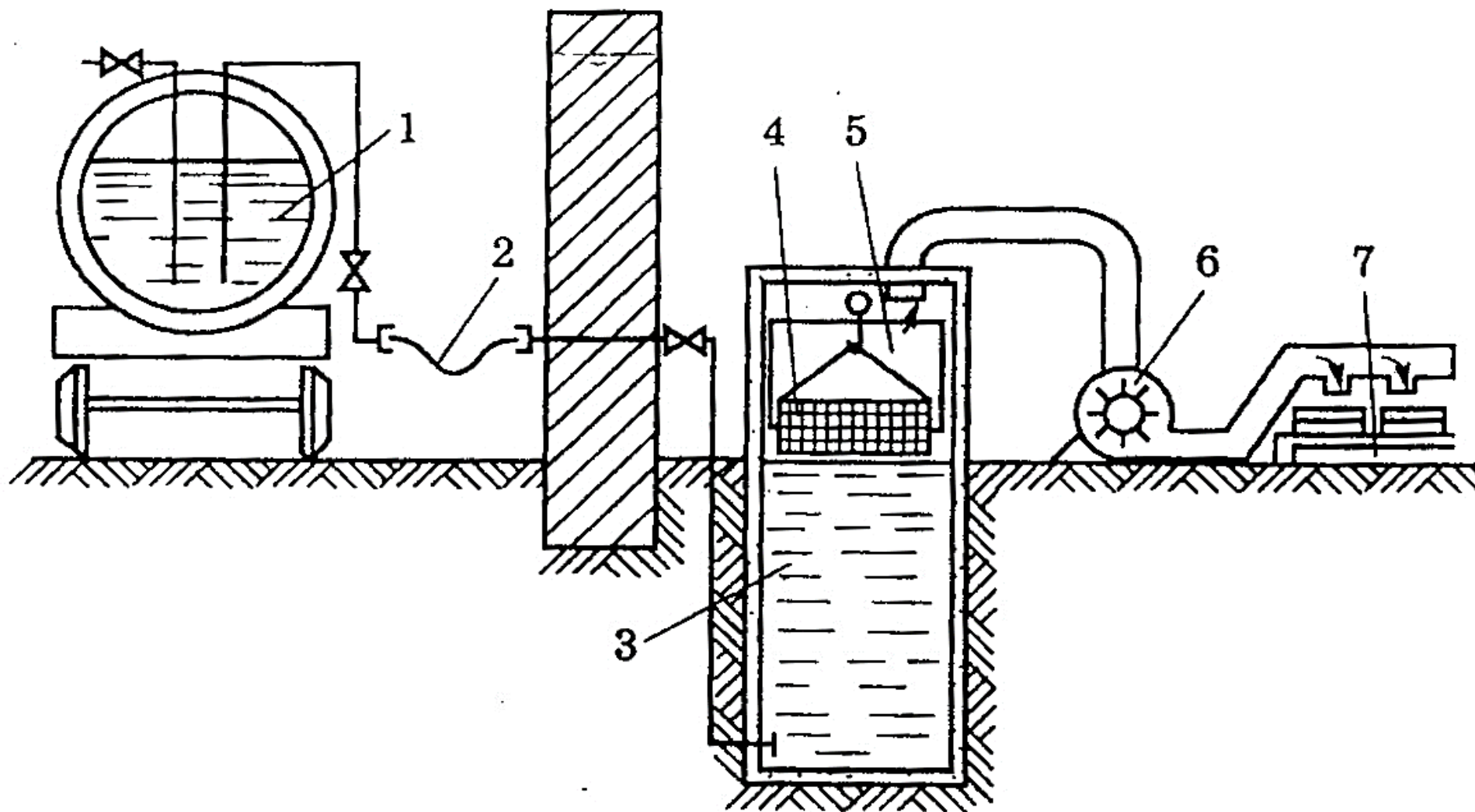


Рисунок 2.21 – Схема линии изготовления форм, снятых с модельных плит, замораживанием 118

Для изготовления замороженной формы на модельной плите (рис. 2.22), применяется пустотелая, облицованная внутри теплоизоляцией подмодельная плита 1, каналы в которой сопряжены с каналами модели 9. На предварительно охлаждённую до температуры $(-3 - -5) ^\circ\text{C}$ подмодельную плиту 1 через прокладки 2 устанавливают опоку 3, которую заполняют охлаждённой и увлажнённой песчаной массой 4 (влажность 4 – 6%).

Затем к опоке через прокладки прижимают коллектор 5 и открывают вентиль 10. Сжиженный газ из ёмкости 11 испаряется и через отверстия-каналы в плите и модели под действием вакуума, созданного при открытии вентиля 6 вакуумным насосом 7 в полости коллектора и через венты 8, фильтруются через смесь, способствуя тем самым замораживанию формы. Температура охлаждения формы достигает $(-40 - -50)$ °С, а прочность при этом находится в пределах 1-2 Мпа.

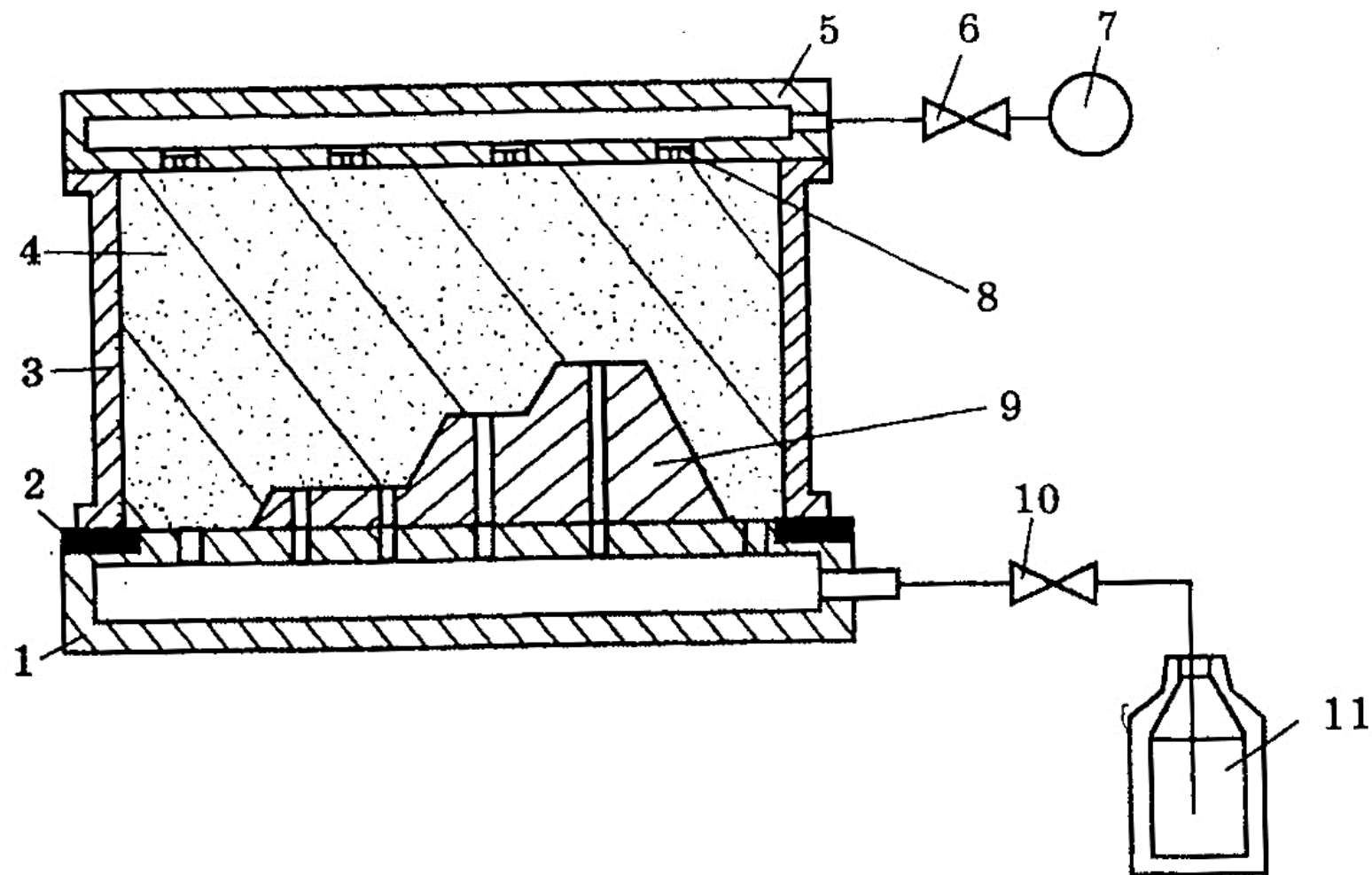


Рисунок 2.22 – Схема оснастки для изготовления формы замораживанием на модельной плите

3.6 Линии пескометной формовки

Для мелкосерийного и серийного изготовления несложных отливок большой массы могут применяться комплексно-механизированные линии пескометной формовки (рис. 2.23).

Формовочными агрегатами линий являются рукавные и мостовые пескометры с программным управлением, предназначенные для изготовления форм в опоках размерами до 3000 x 3000 мм.

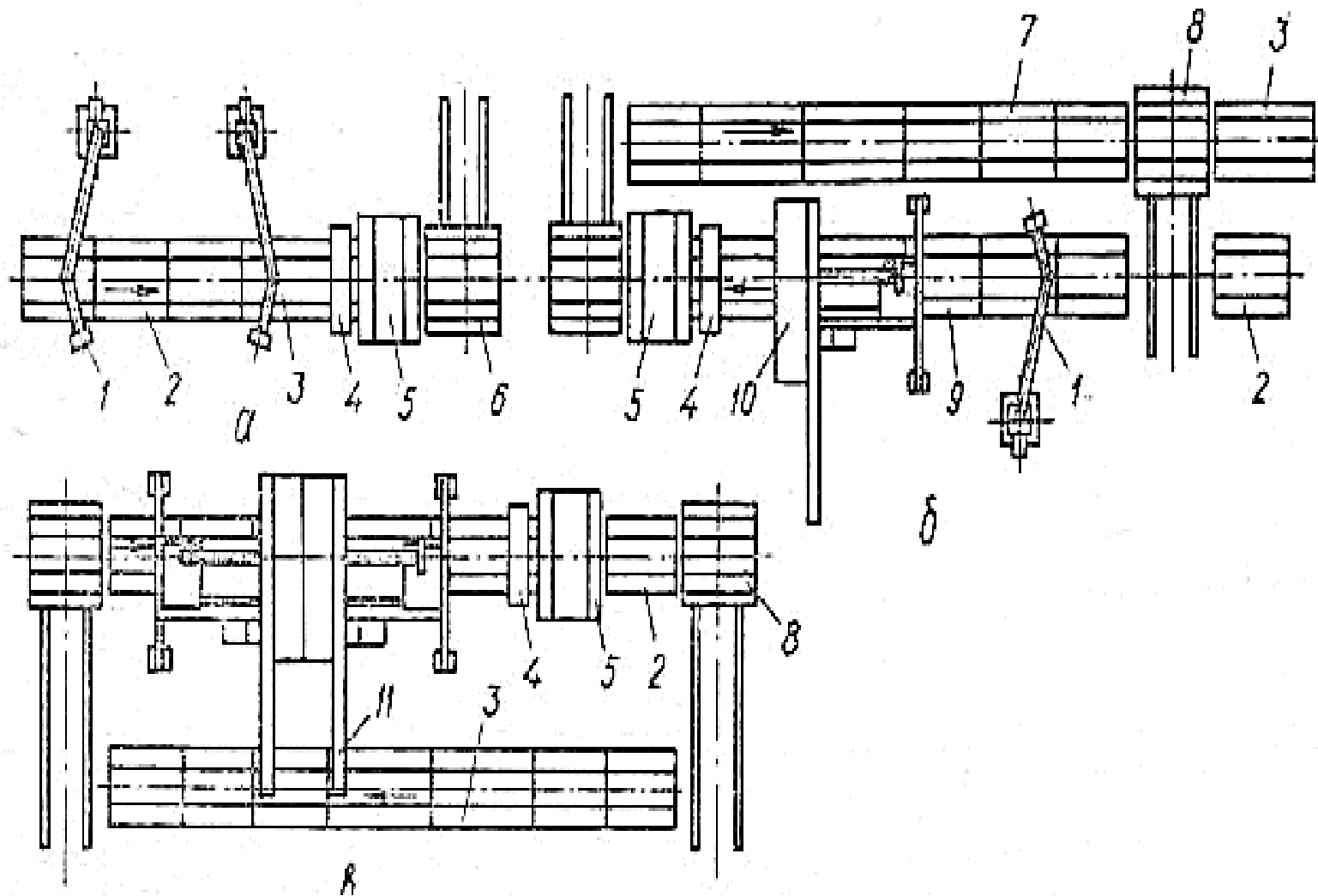


Рисунок 2.23 – Схемы компоновок линий
пескометной формовки проходного типа

К рисунку 2.23 – Схемы компоновок линий пескомётной формовки проходного типа:

а – линия с двумя рукавными пескомётами;

б – линия с рукавным и мостовым пескомётами;

в – линия со сдвоенным мостовым пескомётом.

1 – рукавный пескомёт; *2, 3, 7, 9* – рольганги;

4 – механизм срезания излишков смеси;

5 – поворотно-вытяжная машина;

6, 8 – трансбордерные тележки;

10, 11 – мостовые пескометы.

2.2 Линии безопочной формовки

2.2.1 АФЛ

ГОРИЗОНТАЛЬНО-СТОПОЧНЫЕ

Вид линии определяют преимущественно по конструкции формовочного автомата и транспортной системе для форм. Наиболее распространёнными являются линии безопочной формовки со сборкой форм в горизонтальную стопку.

Основные преимущества изготовления форм и отливок на автоматических линиях безопочной формовки со сборкой в горизонтальную стопку по сравнению с опочной формовкой на автоматических линиях:

- отсутствие опочной оснастки;
- отсутствие транспортных средств и механизмов для перемещения и манипуляций с пустыми опоками;
- простота устройств для выбивки форм;
- отсутствие устройств для нагружения формы во время их заливки и кристаллизации металла;
- улучшение вентиляции форм и стержней в связи с вертикальным расположением разъёма форм;
- высокая производительность;
- экономия производственных площадей.

В качестве примера на рисунке 2.24 представлена схема современного комплекса 2013 МК5 на основе автоматической горизонтально-стопочной формовочной линии ДИСАМАТИК.

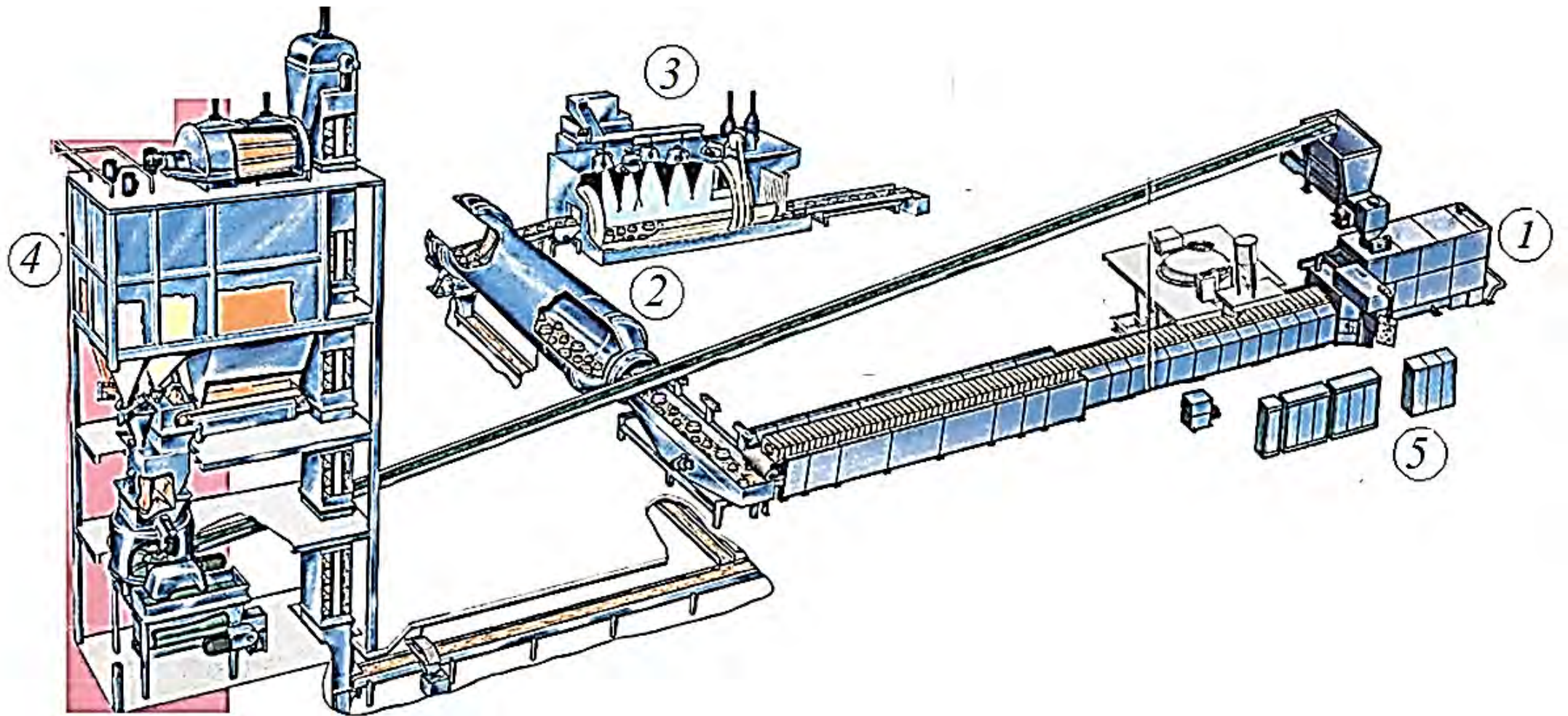


Рисунок 2.24 – Схема автоматизированного комплекса безопочной формовки ДИСА (модель 2013 МК5)

В составе комплекса представлены (рис. 2.24):

- 1) формовочная линия,
- 2) охлаждающий выбивной барабан ДИСАКУЛ,
- 3) дробемётный барабан проходного типа,
- 4) смесеприготовительная установка,
- 5) центральная система управления.

Изготовление форм осуществляют на формовочных автоматах (DMM). При изготовлении одной формы из песчано-глинистой смеси формовочный автомат выполняет производственный цикл, состоящий из шести операций. При этом происходит наполнение формовочной камеры смесью, прессование формы, перемещение формы к переднему краю камеры, смыкание формы и транспортировка цепочки форм, возврат прессовой плиты в исходное положение и закрытие формовочной камеры (смотри [видео 4](#)).

Для перемещения стопки форм через зоны заливки, затвердевания и охлаждения предназначен автоматический конвейер форм (АМС) и связанный с ним синхронный ленточный конвейер (SBC). Автоматический конвейер форм АМС приводится в движение формовочным автоматом DMM и работает синхронно с ним. Рабочий цикл АМС состоит из четырёх этапов (рис. 2.25 – 2.28).

Этап 1.

В начальном положении прижимные балки (А) находятся, по возможности, близко к DMM. В этом положении они включены и охватывают цепочку форм.

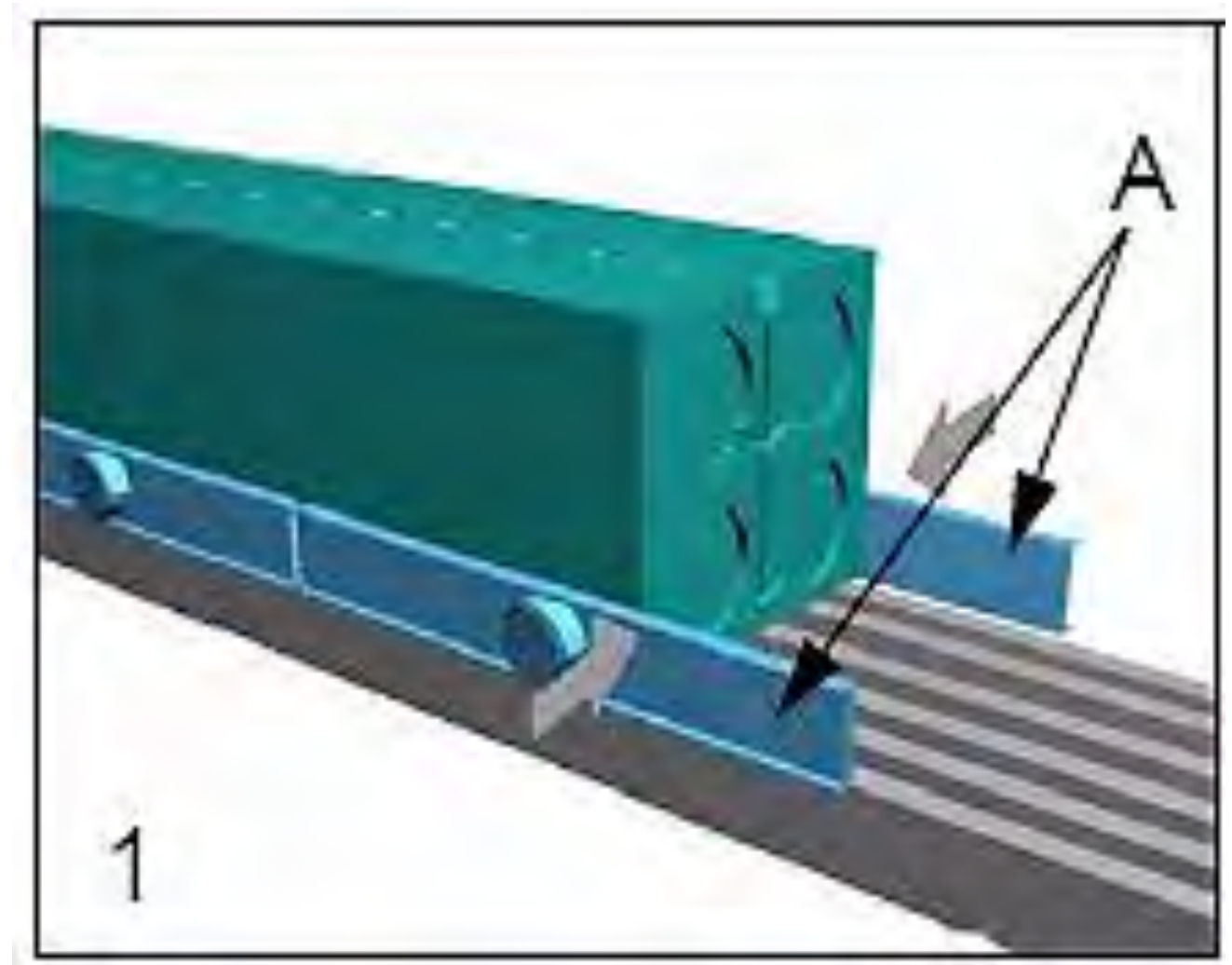


Рисунок 2.25 – начальное положение

Этап 2.

Удерживая формы, прижимные балки перемещают цепочку форм вперёд по шагам, состоящим из одной формы. Это движение происходит синхронно с движением SBC.

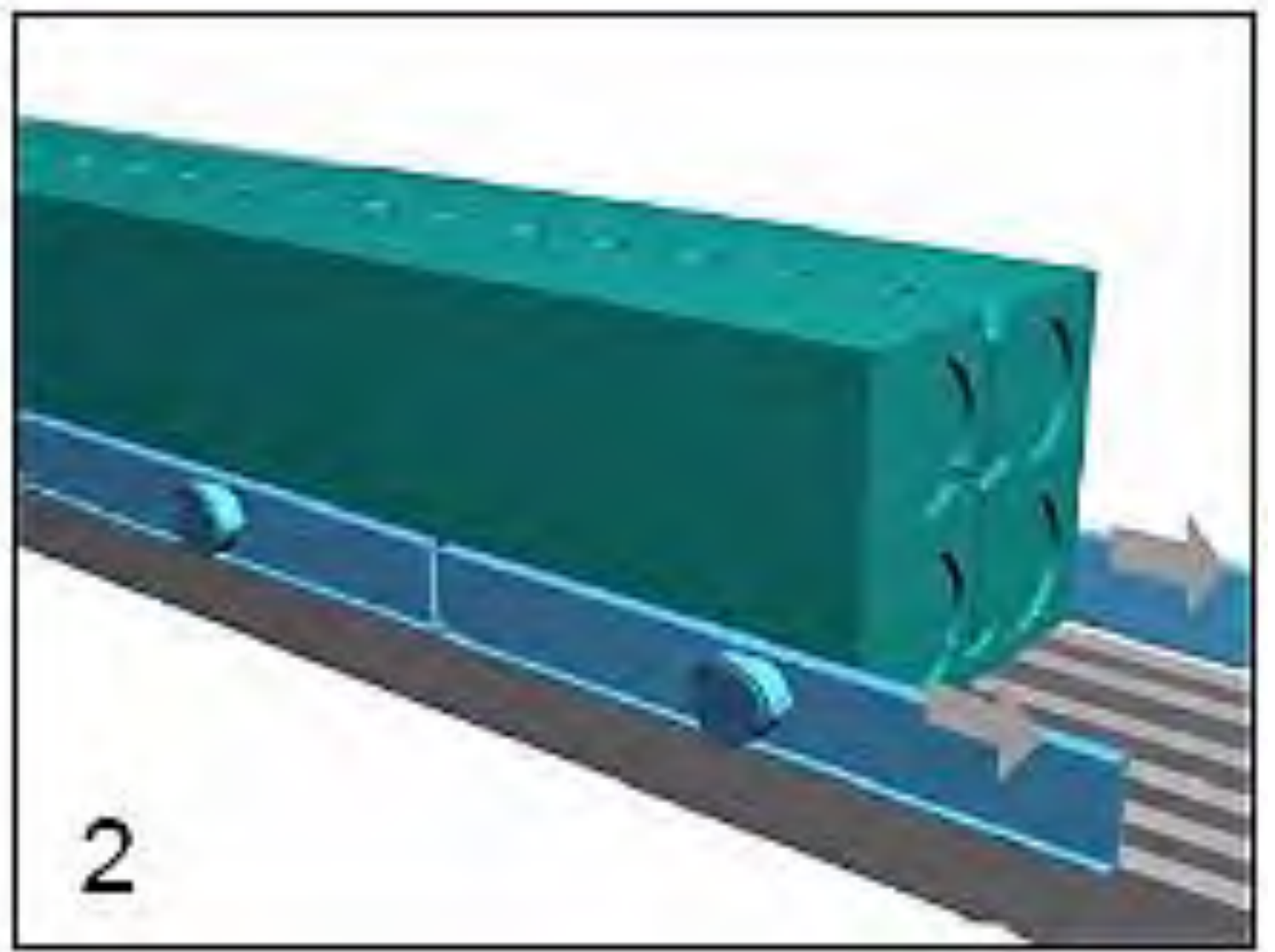


Рисунок 2.26 – Перемещение прижимных балок вперёд

Этап 3.

Прижимные
балки
отпускают
цепочку форм.

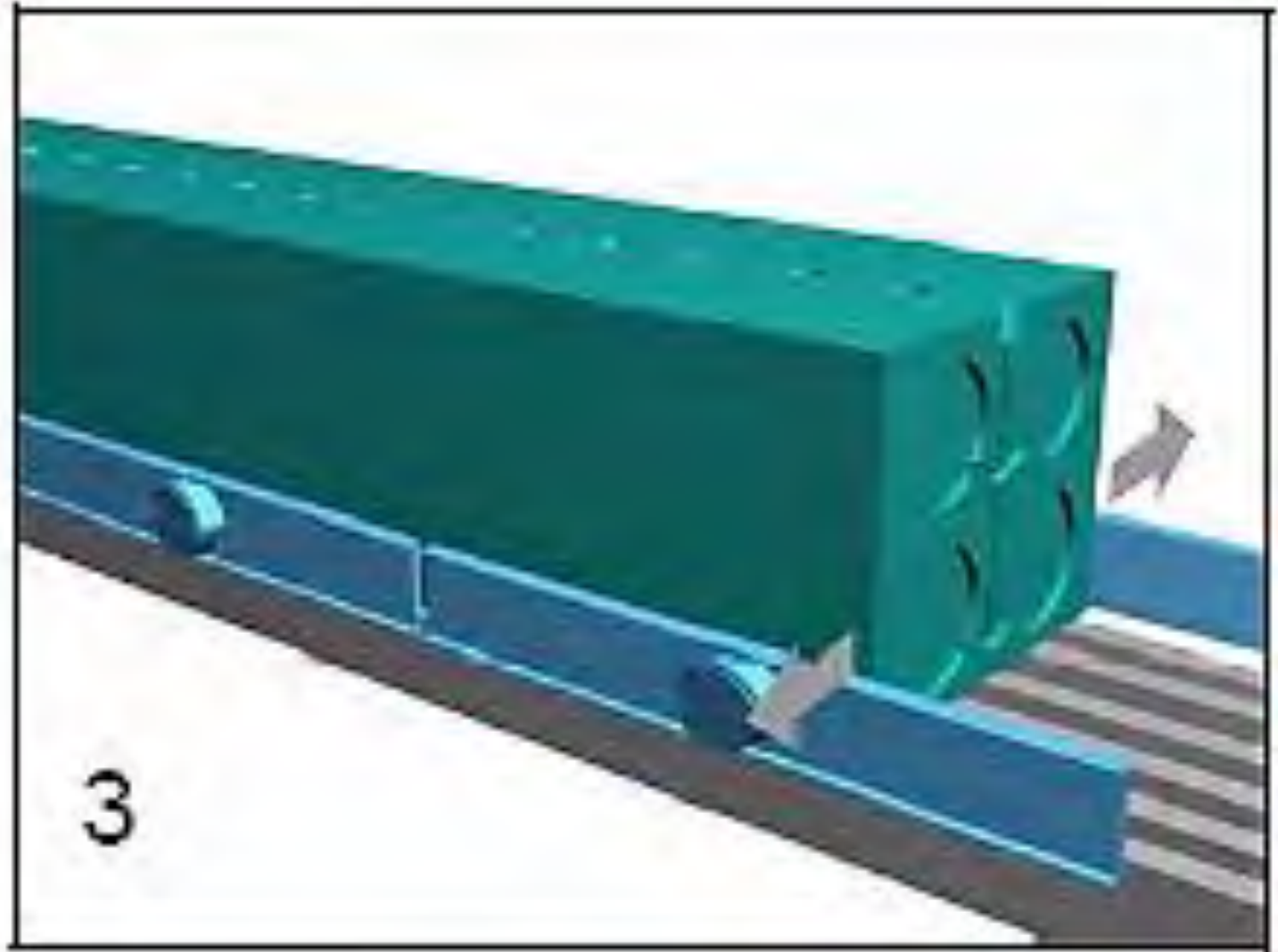


Рисунок 2.26 – Отвод прижимных балок от стопки форм в сторону 137

Этап 4.

Прижимные
балки
возвращаются
в исходное
положение.

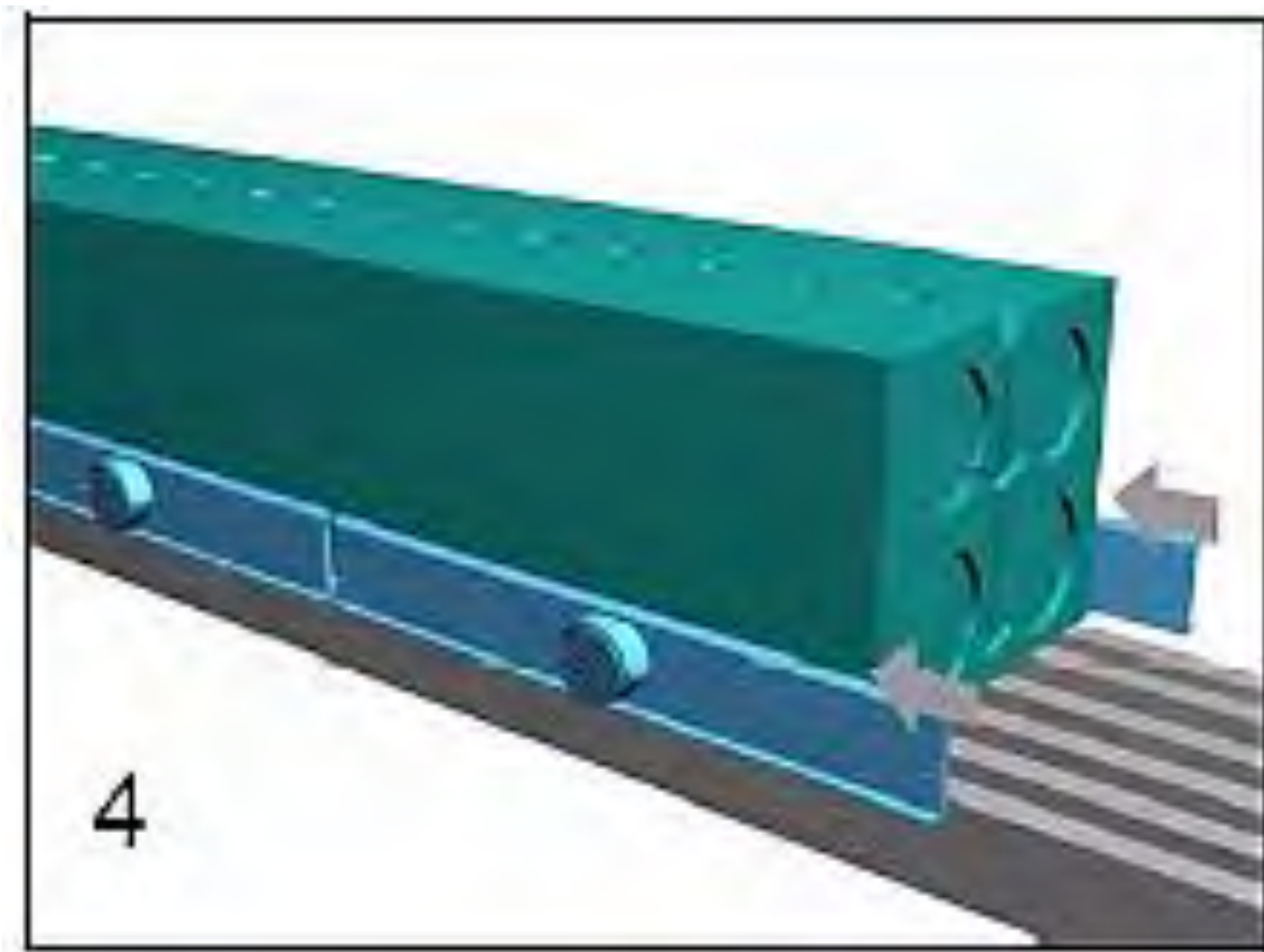


Рисунок 2.26 – Перемещение
прижимных балок назад

Синхронный
ленточный конвейер
(SBC) (рис. 2.29)
приводится в
движение
механизмом
прижимных балок
(АМС). Рабочий
цикл SBC состоит
из четырёх этапов
(рис. 2.30 – 2.33).

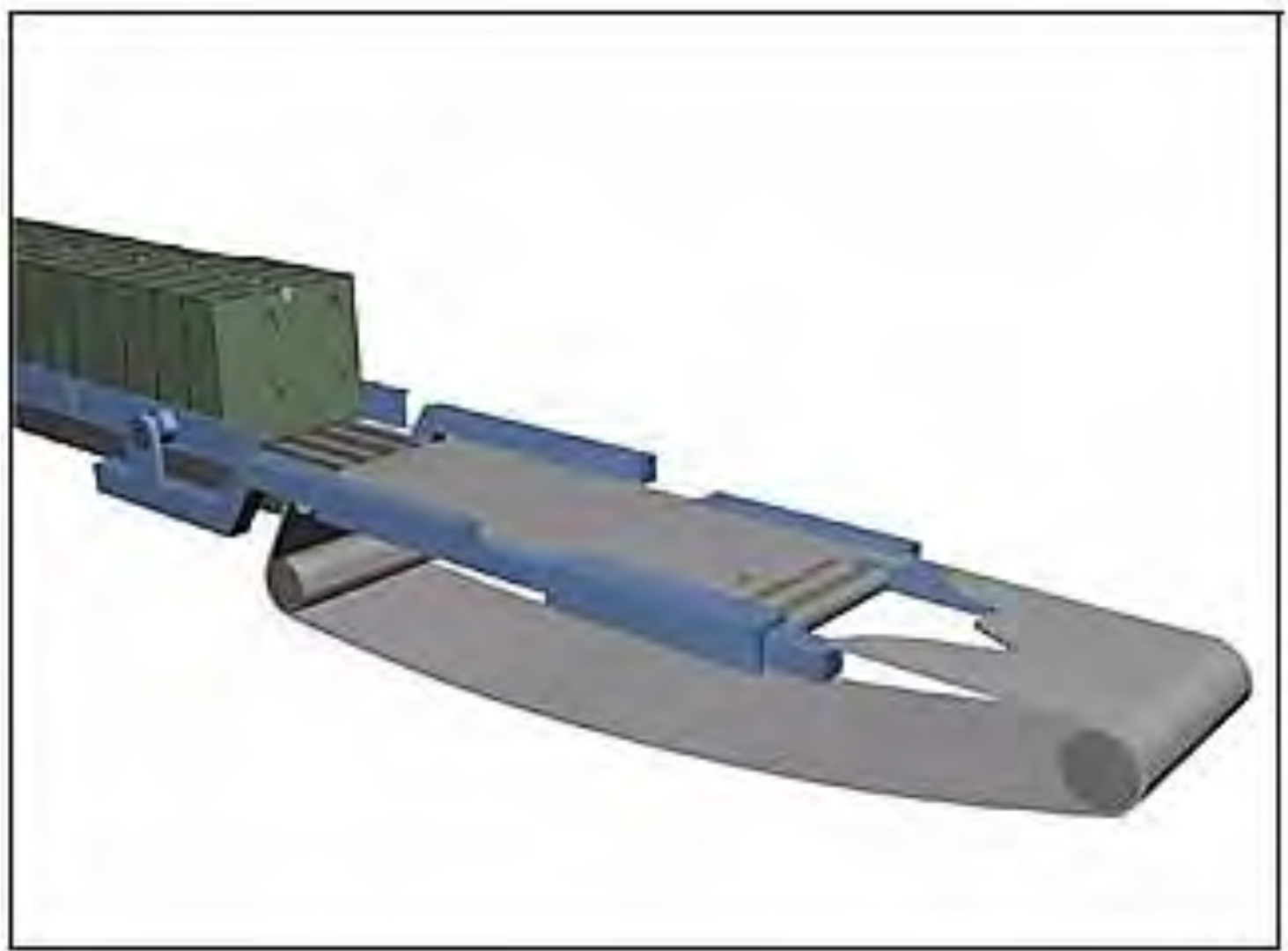


Рисунок 2.29 – Синхронный
ленточный конвейер (SBC)

Этап 1.

Зажимной захват приводится в действие сжатым воздухом, который надувает шланги. Наполненные сжатым воздухом шланги зажимают ленту по всей длине одновременно с двух сторон.

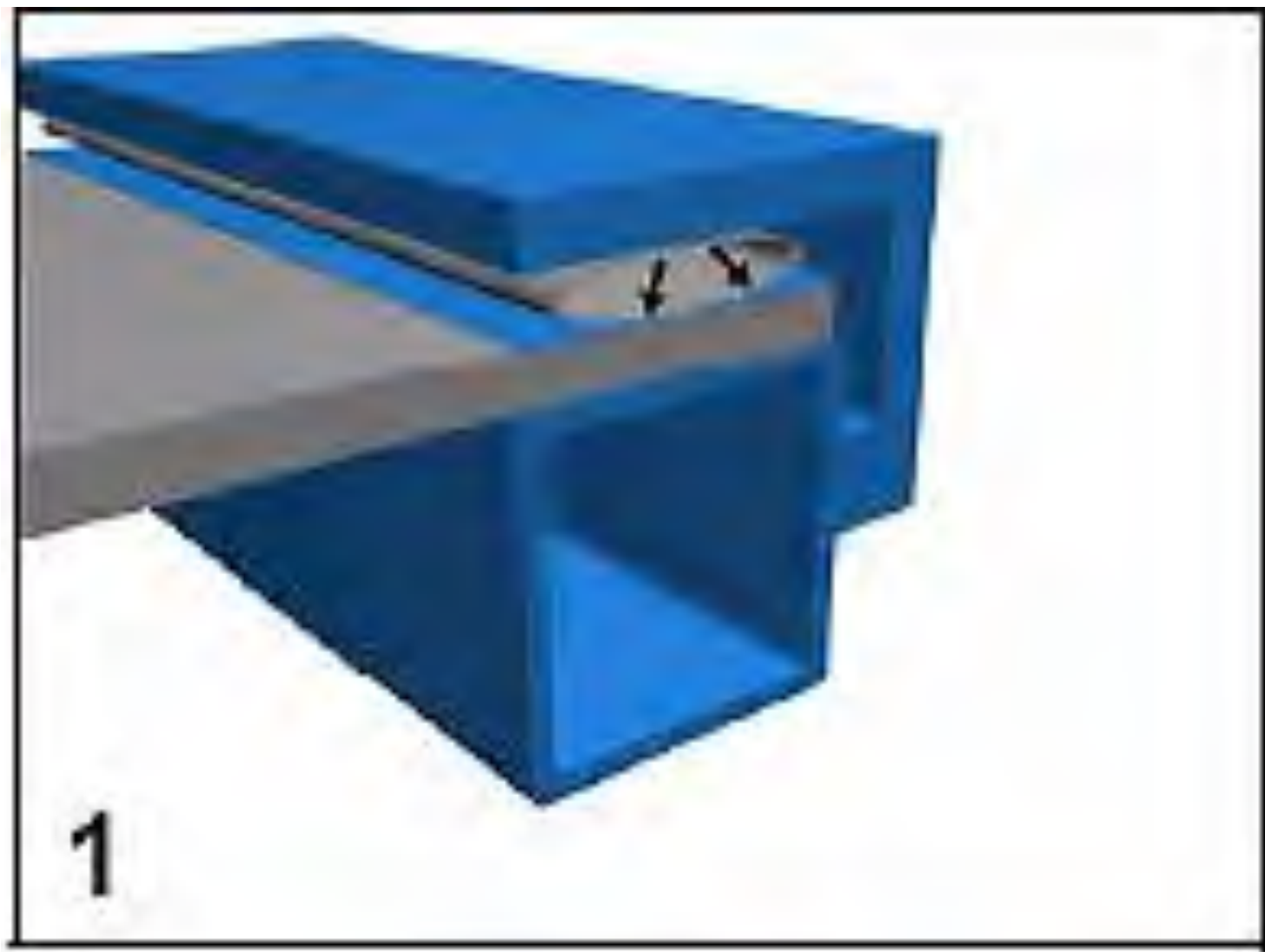


Рисунок 2.30 – Заполнение шлангов сжатым воздухом 140

Этап 2.

Зажимной
захват SBC
перемещает
ленту вперёд на
одну форму
синхронно с
АМС.

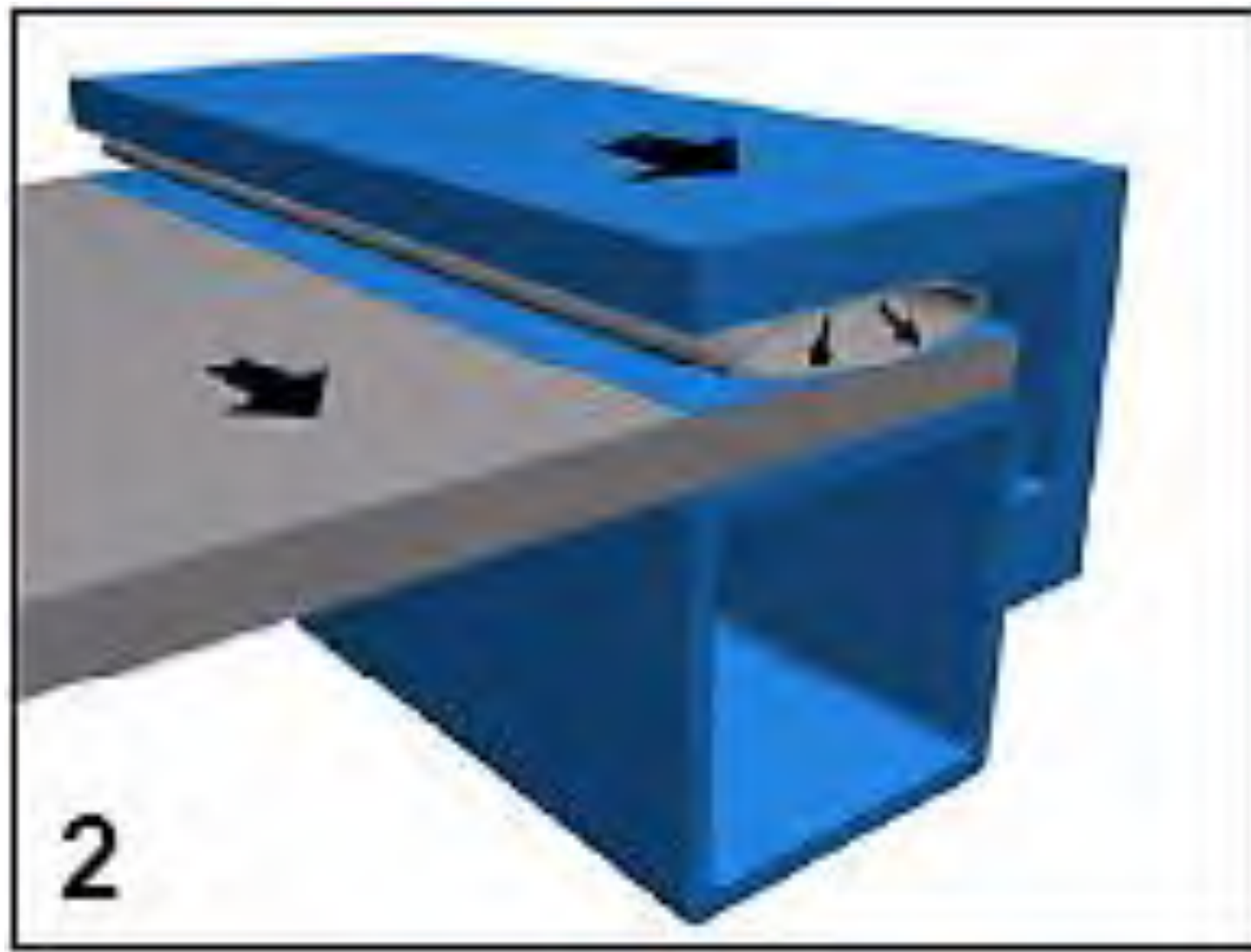


Рисунок 2.31 – Перемещение
ленты конвейера вперёд

Этап 3.

Воздух из
шлангов
зажимного
захвата SBC
откачивается,
и они
отпускают
сторону
конвейерной
ленты.

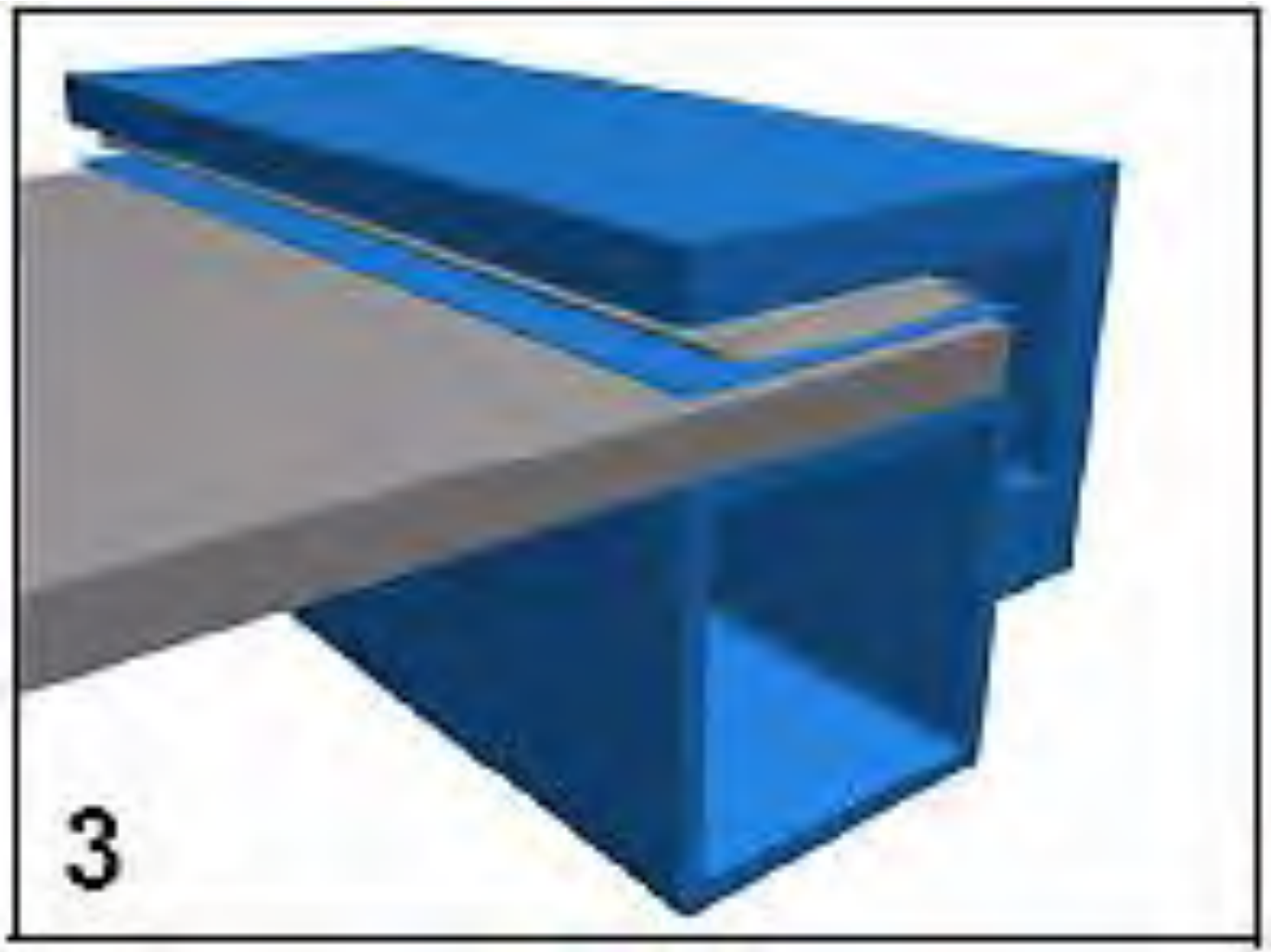


Рисунок 2.32 – Выпуск воздуха
из шлангов

Этап 4.
Зажимной
захват
возвращается
в исходное
положение
синхронно с
АМС.

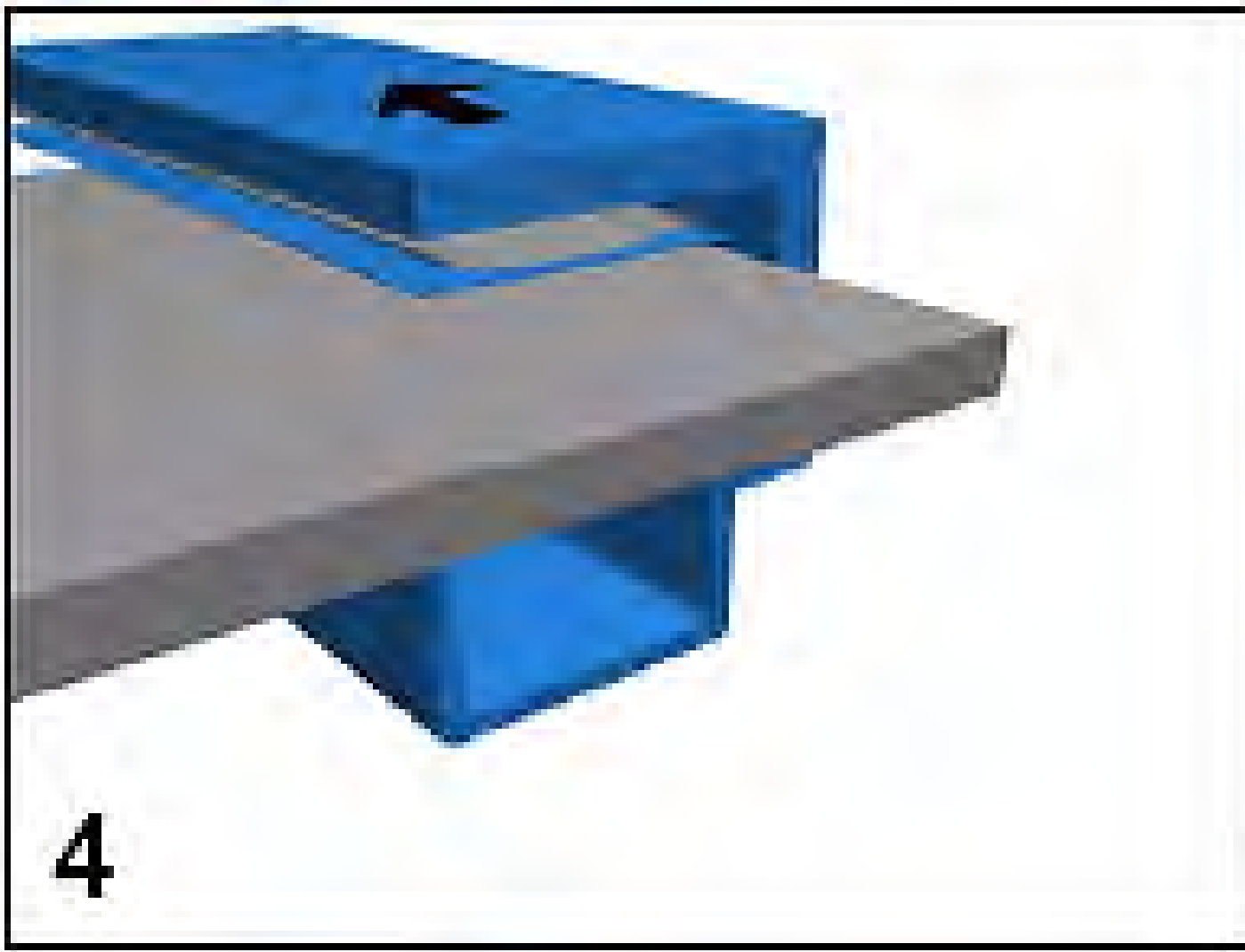


Рисунок 2.33 – Отвод захвата
назад в исходное положение

Линии оснащаются блоками для быстрой смены моделей (QPC) (рис. 2.34). QPC располагают рядом с формовочным автоматом DMM. Рабочий цикл АМС состоит из четырёх этапов (рис. 2.35 – 2.38).

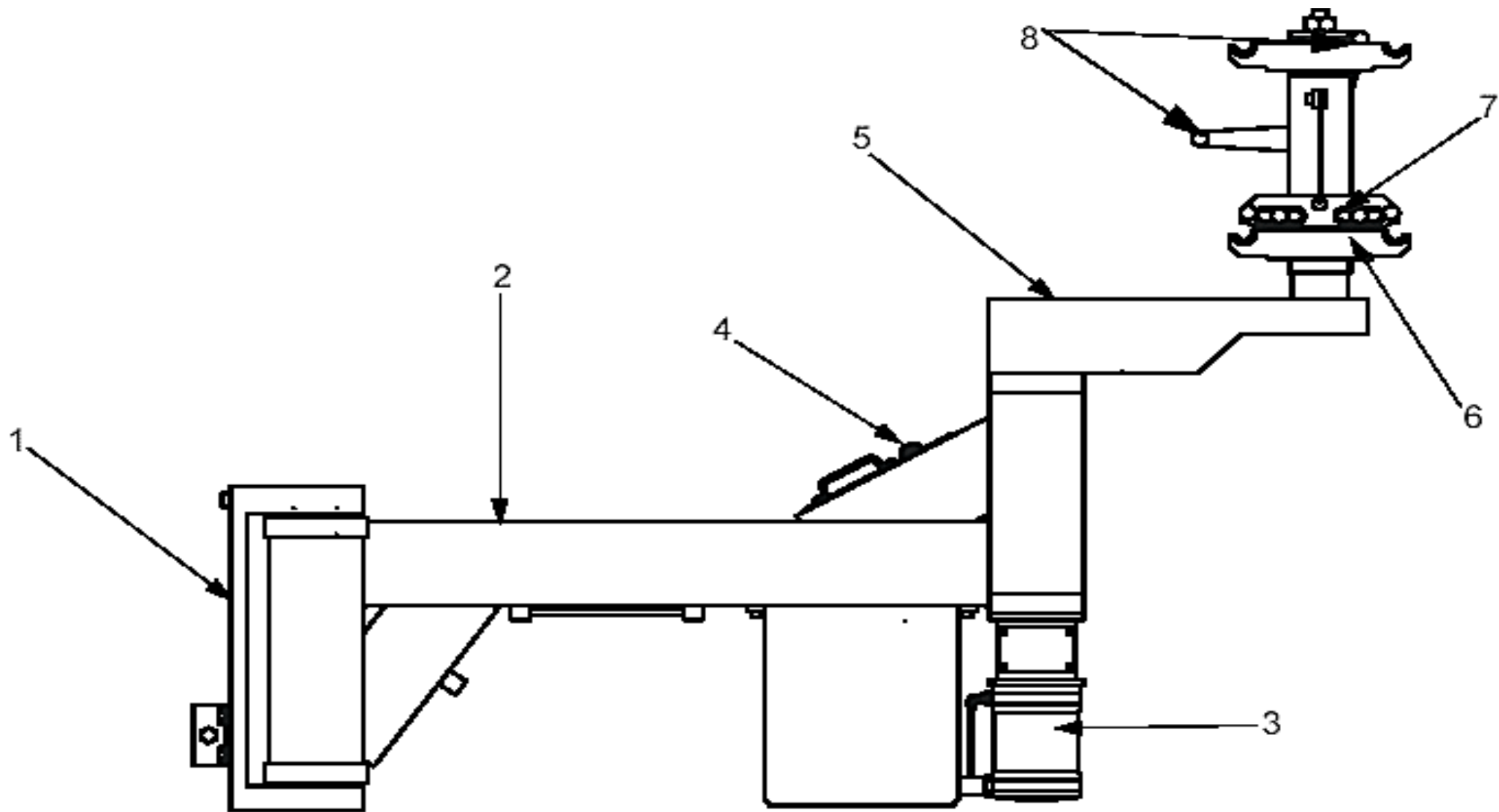


Рисунок 2.34 – Схема блока для быстрой смены моделей

К рисунку 2.34 – Схема блока для быстрой смены моделей:

- 1 – пульт управления,
- 2 – рычаг поворотный,
- 3 – цилиндр пневматический/гидравлический,
- 4 – клапаны для управления подъемным рычагом,
- 5 – рычаг подъёмный,
- 6 – захват,
- 7 – устройство крепёжное модельной плиты,
- 8 – ручка.

Этап 1.

Использованная
модельная плита
снимается.

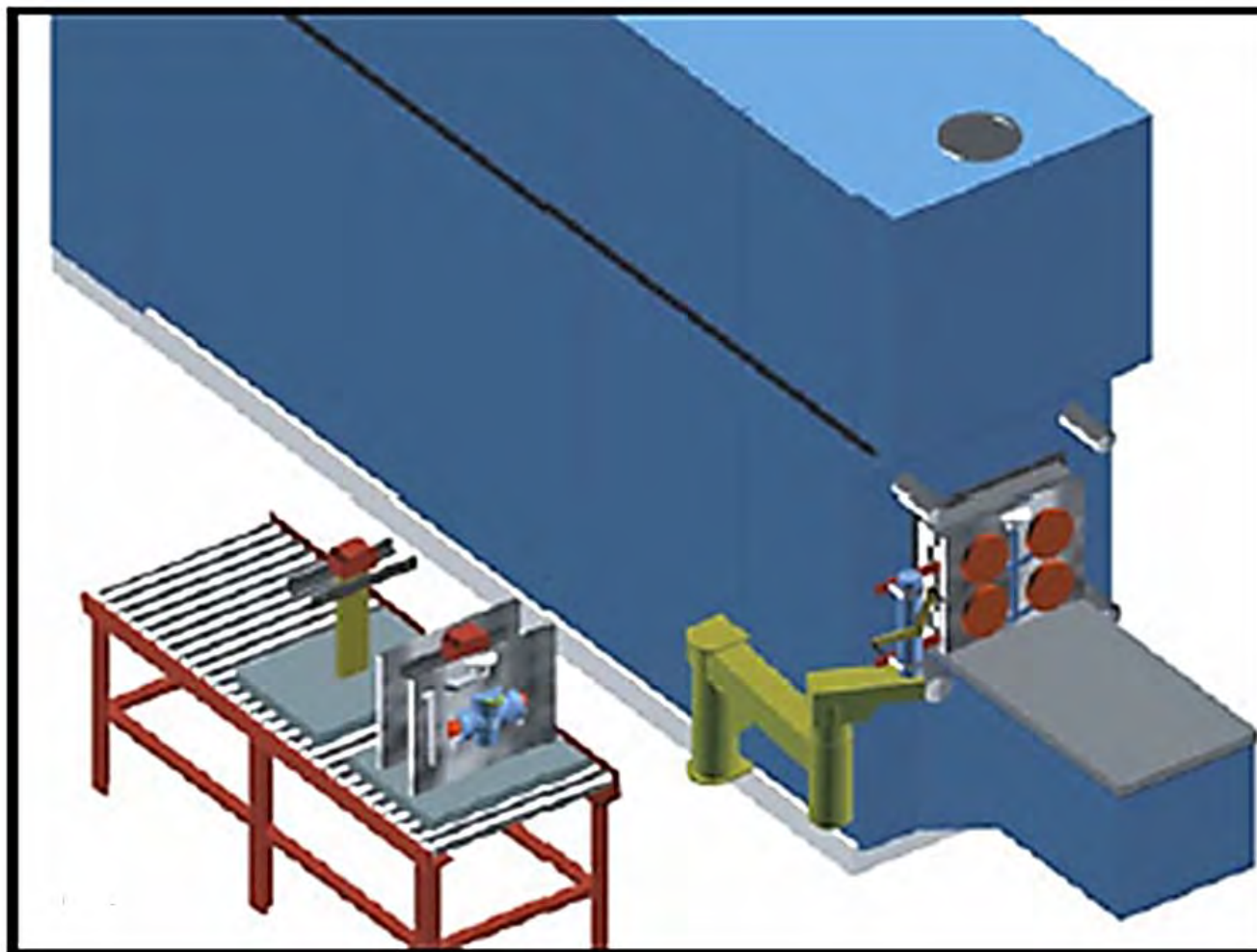


Рисунок 2.35 – Захват
демонтированной модели

Этап 2.
Перемещение
снятой
модельной
плиты на
участок приема.

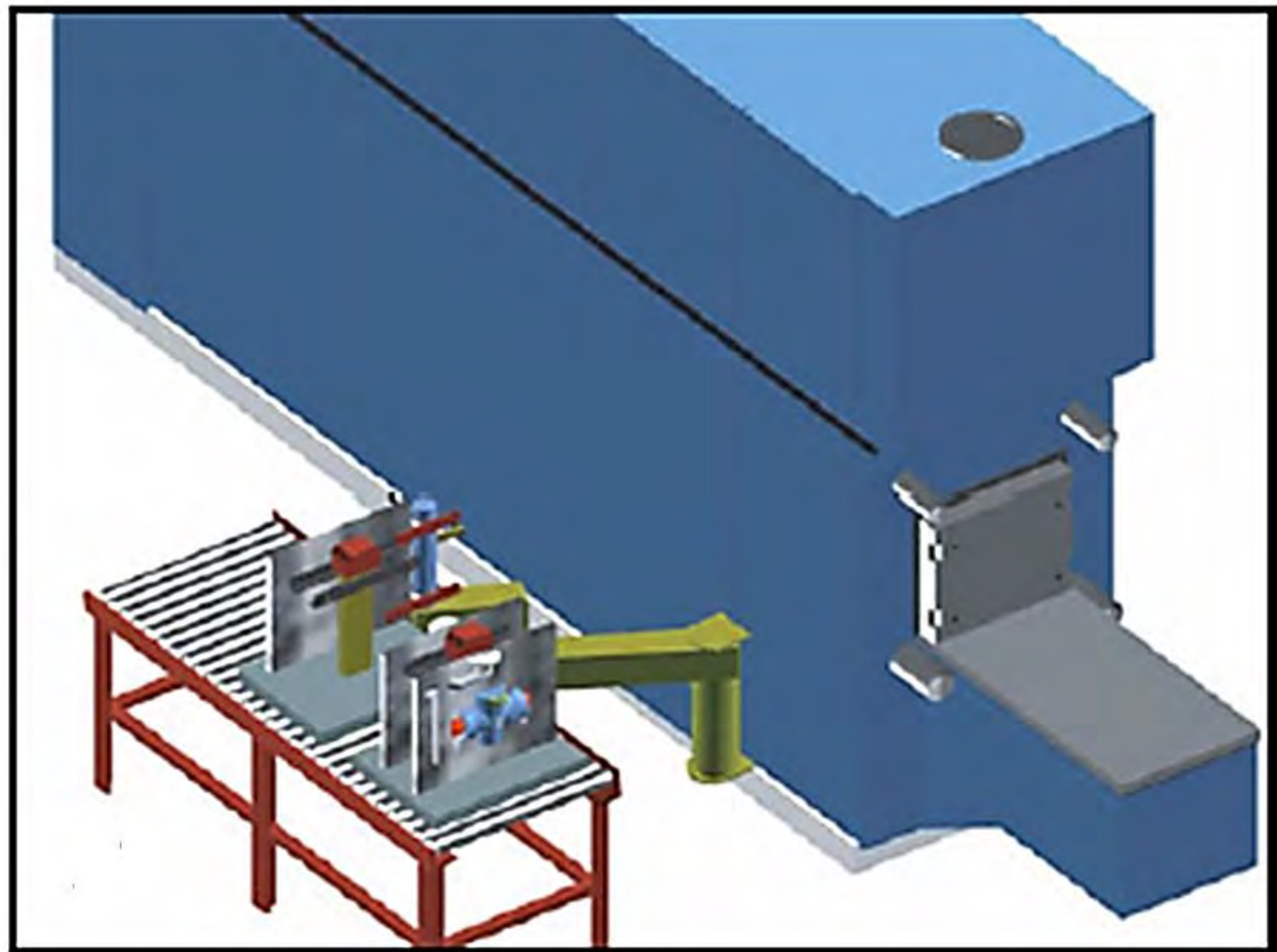


Рисунок 2.35 – Установка
демонтированной модели на
приёмный стол

Этап 3.
Захват новой
модельной
плиты на участке
выдачи
модельных
плит

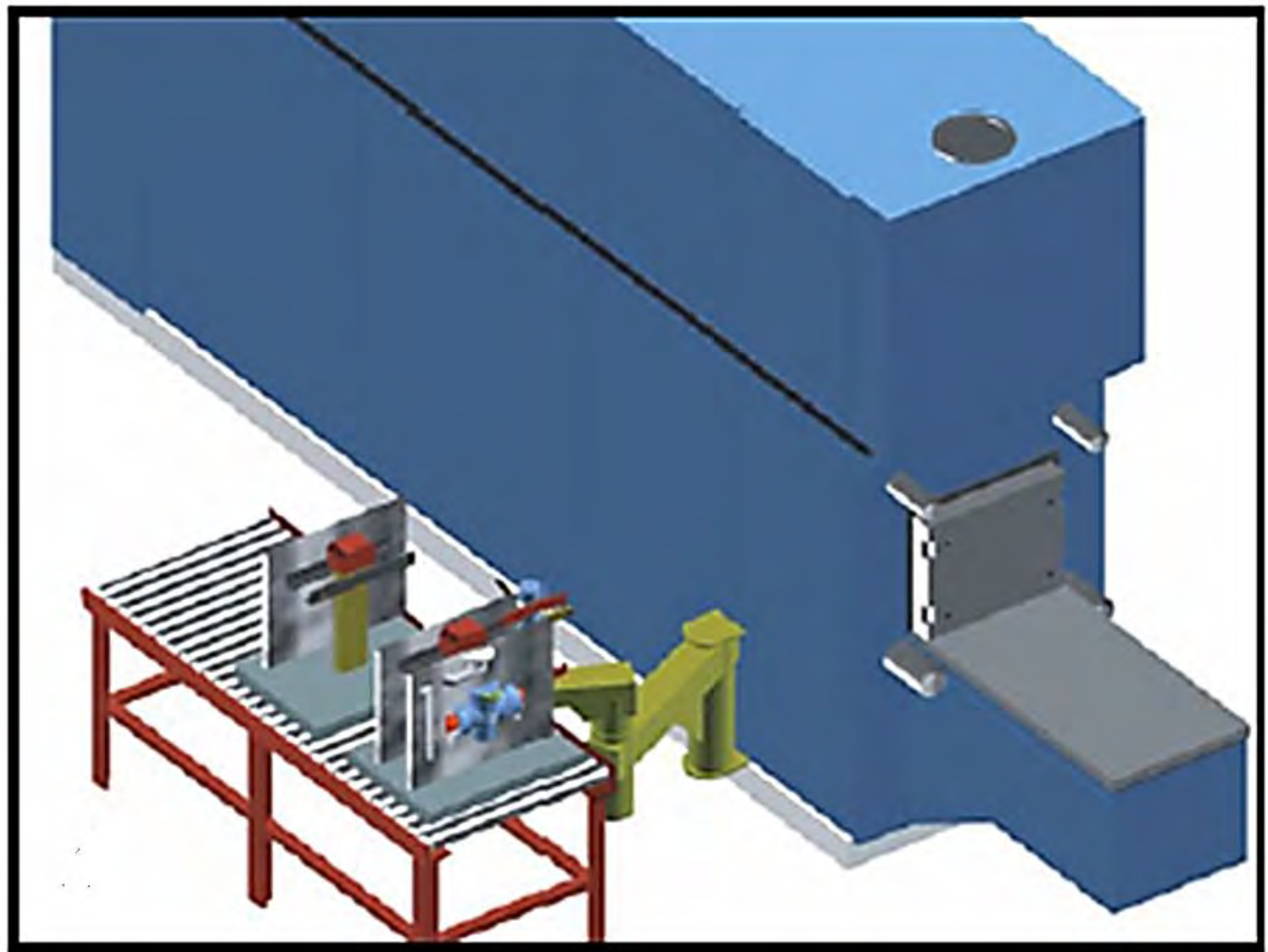


Рисунок 2.35 – Захват новой
модели

Этап 4.

Перемещение и
установка новой
модельной плиты
в формовочный
автомат

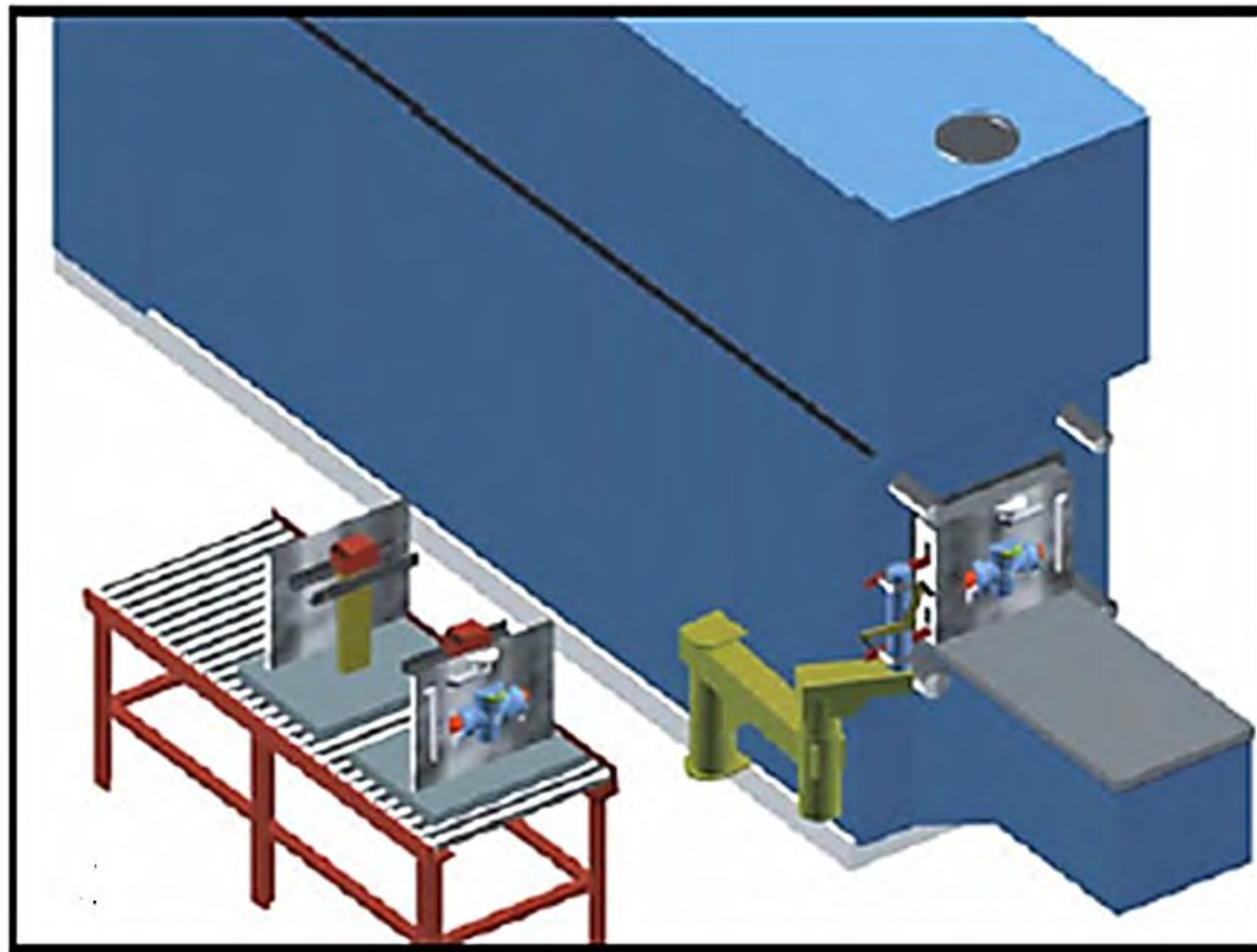


Рисунок 2.35 – Монтаж новой
модели

Автоматические линии ДИСАМАТИК оснащаются стержнеукладчиками (CSE). Стержнеукладчики имеют заменяемые стержневые маски в которые вручную укладывают стержни. В масках стержни удерживаются с помощью вакуума до того момента, когда они будут установлены в форму. DMM и CSE работают синхронно. Ни одно из этих устройств не начинает новый цикл, пока другое устройство не завершит начатый цикл (смотри [видео 4](#)).

Автоматические заливочные установки обеспечивают поддержание требуемой температуры расплава, точную дозировку расплава в формы и необходимый темп разлива расплава в соответствии с ритмом работы АФЛ. Полезная ёмкость установок находится в пределах от 3,2 до 30 т.

Охлаждающий выбивной барабан ДИСАКУЛ предназначен для отделения отливок от смеси, размельчения комьев смеси, охлаждения смеси и отливок, гомогенизации смеси и подготовки отливок к очистке в дробемётной установке. ДИСАКУЛ выпускается шести типоразмеров с производительностью до 140 т/час (смотри [видео 4](#)).

Автоматические системы подготовки оборотной формовочной смеси обеспечивают получение однородной высококачественной формовочной смеси для всех типов машин ДИСАМАТИК и других современных формовочных систем, и как правило, включают в свой состав магнитные сепараторы, охладители, гомогенизаторы, сита и систему обеспыливания (смотри видео).

Основой участков смесеприготовления являются смесители периодического действия ТУРБОМИКС (смотри [видео 4](#)) производительностью от 20 до 120 т/час.

Надёжные высокоскоростные смесители оснащают системами дозирования добавок и контроля свойств смеси, что обеспечивает производство высококачественной однородной смеси.

Для очистки отливок применяются
дробебетные очистные машины
непрерывного действия с лопастными
дробебетными головками, предназначенные
для очистки широкой номенклатуры отливок.

Также могут использоваться барабаны
периодического действия. Принцип действия
подобных устройств (смотри [видео 5](#) и
[видео 6](#)).

Для управления всем комплексом предназначена система управления которая разрабатывается в соответствии с требованиями современного комплексного автоматизированного производства, объединяет и координирует локальные системы управления различным технологическим оборудованием комплекса.

2.1.2 АФЛ

вертикально-стопочные

В качестве примера современного комплекса на основе АФЛ вертикально-стопочной безопочной формовки ДИСАМАТИК представлена схема на рисунке 2.39. В состав такого комплекса входит аналогичное оборудование для приготовления формовочной смеси, заливки, выбивки и очистки отливок, как и у ранее рассмотренного комплекса.



Рисунок 2.39 – Комплексная автоматизированная система безопочной формовки ДИСА

В состав АФЛ вертикально-стопочной безопочной формовки входит автомат для изготовления полуформ, установки стержней и сборки форм, а также оборудование для перестановки форм на конвейер, укладки грузов и установки жакетов и др. (смотри [видео 7](#)).

2.2.3 Автоматические линии изготовления отливок в литейных формах из ХТС

ХТС – смеси отверждаемые (упрочняемые) в технологической оснастке без дополнительных внешних воздействий. Для изготовления форм, как правило, используются песчано-смоляные смеси, отверждаемые жидкими отвердителями, а также смеси на неорганических связующих (жидкостекольные, цементные, фосфатные).

Наибольшее распространение получили «фуран-процесс» и « α -set-процесс». Их отличительные особенности:

- высокие прочностные характеристики отвержденной формы при содержании связующего ($\leq 1,5$ %);
- высокие скорости упрочнения (отверждения) – от 5 до 30 мин (в зависимости от габаритов формы и толщины слоя смеси);
- низкая остаточная прочность после заливки и, соответственно, относительно легкая регенерируемость формовочного песка.

- Основные операции, выполняемые при изготовлении отливок в разовые формы из ХТС:
- заполнение литейной оснастки ХТС смесью;
 - виброуплотнение смеси;
 - протяжка модели;
 - покраска форм;
 - сборка литейной формы и её заливка расплавом;
 - выбивка;
 - регенерация песка из отработанной ХТС.

Наиболее рациональными формами организации АФЛ – применение карусельных участков формовки (смотри [видео 8](#)) и формовка в деревянные ящики (смотри [видео 9](#)) на литейном конвейере.

Характерная особенность таких линий – сборка их из отдельных элементов в зависимости от конкретных задач и пожеланий Заказчика.

Для изготовления малыми сериями крупных отливок из чугуна и стали (от 0,5 т до 10 т) применяют линии с использованием наливных жидкостекольных самотвердеющих смесей (ЖСС). Производительность линий от 5 до 20 форм/час. Формы, как правило, изготавливают в жакетах. Отвердители – ФХШ (феррохромовый шлак), реже АЦЭГ (ацетатэтиленгликоль).

Для приготовления смеси и подачи её в форму применяются шнековые смесители, оснащённые системами автоматического дозирования компонентов, системами контроля и регулирования температуры свежего песка, регенерата и связующего, установками обеспыливания, самодиагностики и т.п. Пример компоновки автоматизированной линии с использованием наливных (ЖСС) показан на рисунке 2.40.

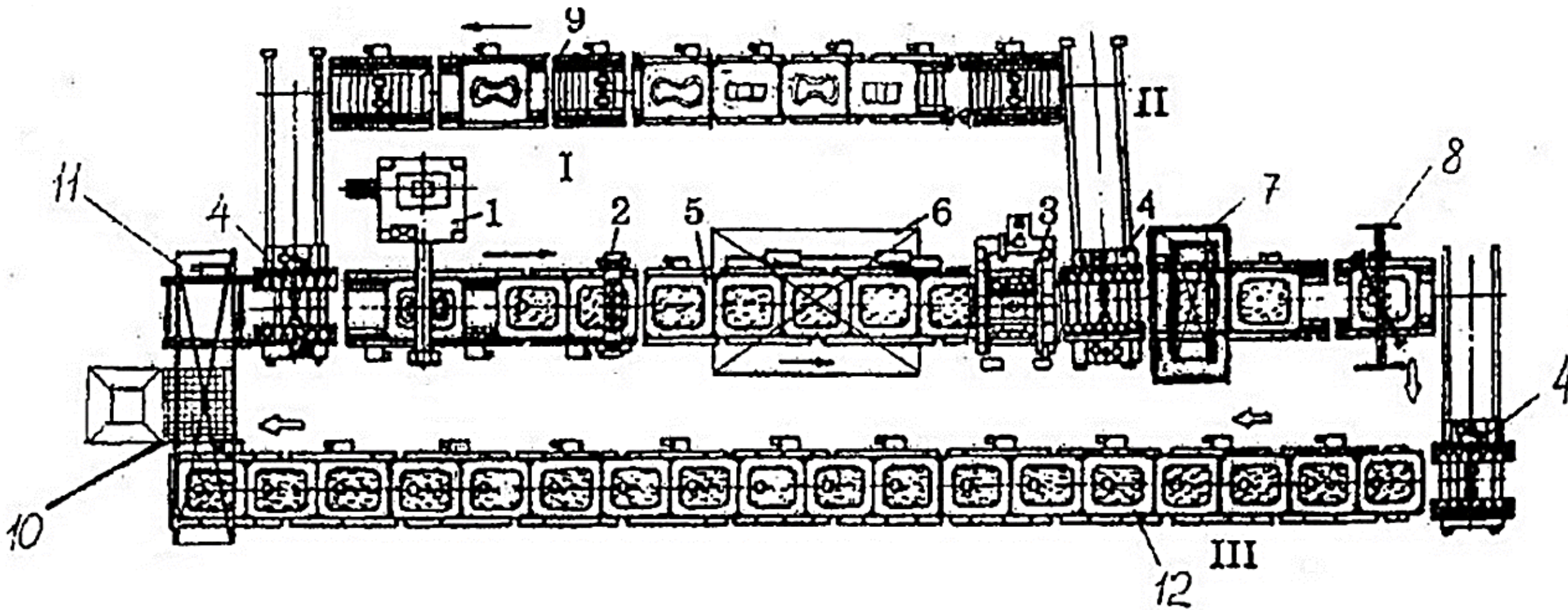


Рисунок 2.40 – Схема автоматизированной линии с использованием наливных (ЖСС)

К рисунку 2.40 – Автоматизированная линия
с использованием наливных (ЖСС):

1 – шнековый или лопастной смеситель
непрерывного действия с дозаторами исходных
компонентов и вибростолом;

2 – устройство срезки смеси с контрлада
полуформы;

3 – Устройство протяжки модели и переворота
полуформы;

4 – передаточная тележка;

- 5 – литейный конвейер;
- 6 – сушило;
- 7 – покрасочная камера;
- 8 – устройство сборки форм;
- 9 – ветка возврата подмодельных плит;
- 10 – выбивная решетка;
- 11 – устройство перемещения (возврата) опок (жакетов);
- 12 – охладитель (ветка заливки и охлаждения).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Немировский Р. Г. Автоматические линии литейного производства : Учеб. пособие для вузов. – Киев – Донецк : Вища школа. Головное изд-во, 1981. – 208 с.
2. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. М.: Машиностроение, 1985, – 320 с.
3. <http://www.wagner-sinto.de>
4. <http://www.disagroup.com>