

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА**  
по курсу: "Производственная база  
строительства"

# СОДЕРЖАНИЕ

1.	Задание.....	
	.....	
2.	Введение.....	
	.....	
3.	Технологическая часть.....	
4.	Технологический расчет.....	
4.1	Режим работы установки.....	
4.2	Проектирование состава пенобетона неавтоклавного твердения.....	
5.	Теплотехнический расчет.....	
5.1	Определение необходимой толщины ограждения.....	
5.2	Определение распределения температур в однородной области.....	

# ЗАДАНИЕ (первый вариант)

для расчетно-графической работы по курсу  
«Производственная база строительства».

Номер варианта \_\_\_\_\_

1. Объект проектирования: **Установка для производства пенобетона безавтоклавного твердения.**

2. Годовая производительность: 50000 м<sup>3</sup>/г

3. Выпускаемое изделие: монолитный пенобетон.

4. Сырьевые материалы

Вяжущее: Портландцемент

Наполнитель: Молотый кварцевый песок

Добавка: Хлористый кальций

5. Марка бетона по плотности: 350 кг/м<sup>3</sup>.

6. Марка цемента: М 400

7. Доля кремнеземистого компонента в вяжущем: 0.38

8. Доля добавки в вяжущем: 0.0021

9. Район строительства: г. Одесса

10. Диаметр арматуры (гибкие связи): 10 мм

## ЗАДАНИЕ (второй вариант)

для расчетно-графической работы по курсу  
«Производственная база строительства».

Номер варианта \_\_\_\_\_

1. Объект проектирования: **Завод по производству пенобетона безавтоклавного твердения.**
2. Годовая производительность:  $50000 \text{ м}^3/\text{г}$
3. Выпускаемое изделие: пенобетонные блоки размером  $200 \times 300 \times 600 \text{ мм}$
4. Сырьевые материалы
  - Вяжущее: Портландцемент
  - Наполнитель: Молотый кварцевый песок
  - Добавка: Хлористый кальций
5. Марка бетона по плотности:  $700 \text{ кг}/\text{м}^3$ .
6. Марка цемента: М 400
7. Доля кремнеземистого компонента в вяжущем: 0.44
8. Доля добавки в вяжущем: 0.0021
9. Район строительства: г. Одесса

## 2.ВВЕДЕНИЕ

Настоящие тенденции каркасно-монолитного домостроения требуют возведения зданий с повышенными требованиями к теплозащите, поэтому, исходя из современных строительных норм по термическому сопротивлению, толщина внешних стен здания из силикатного кирпича должна быть огромных размеров, что несомненно приводит к увеличению нагрузок на фундамент, ведет к увеличению себестоимости строительства, и в ряде случаев вообще не целесообразно.

Снижение этих негативных последствий возможно за счёт применения ячеистых бетонов. возведение стен из ячеистых бетонов с одной стороны позволяет значительно снизить себестоимость строительства, а с другой – хорошие теплоизоляционные свойства ячеистого бетона повышают комфортность во внутренних помещениях и позволяют экономить средства при отоплении зданий.

Ячеистый бетон представляет собой затвердевшую смесь, состоящую из вяжущего, дисперсных наполнителей и воды. В отличие от бетонов на плотных и пористых заполнителях, в ячеистом бетоне заполнителем служит воздух. Воздух в ячеисто-бетонную смесь вводят на стадии изготовления при помощи пенно- и газообразующих добавок. В результате этой технологической операции материал удаётся насытить воздухом на 90%. эта особенность газонаполненных строительных материалов обуславливает их специфические физико-технические свойства. Ввиду высокой насыщенности воздухом ячеистый бетон обладает повышенными тепло- и звукоизоляционными свойствами. при прочности 200-700 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности изменяется  $\lambda=0,07 \dots 0,2$  Вт/(м<sup>2</sup>\*°C).

- в зависимости от средней плотности и прочности ячеистого бетона выполняют несущие и самонесущие внутренние и наружные стены. В армированном варианте номенклатура изделий может быть расширена за счёт плит перекрытия, покрытия, перемычек.
- В последнее время широкое применение получил монолитный вариант строительства зданий из пенобетона. в этом случае передвижные установки расположены непосредственно на строительной площадке.
- принимая во внимание широкий спектр строительно-эксплуатационных свойств ячеистого бетона, он может успешно применяться в строительстве зданий различного производственного типа, а также при возведении жилья.

# 3.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## (2й вариант)

### НОМЕНКЛАТУРА ИЗДЕЛИЙ

- В настоящей расчётной работе разработан проект завода по производству мелкогазобетонных блоков из пенобетона с размерами 20х40х60 см и средней плотности  $D = 700 \text{ кг/м}^3$ .
- Мелкогазобетонные блоки – наиболее распространённый вид продукции из ячеистых бетонов. Их используют для возведения стен и перегородок, а также как утеплитель стен из тяжёлого бетона. В случаях когда блоки имеют пазы и выступы, их возможно укладывать при помощи пустошовной кладки.

- Автоматизированная линия производства пенобетонных блоков
- (производительность 160 куб.м. блоков в 2 смены по 10 часов)
- **преимущества линии:**
- возможность получения блоков разных размеров, например в течение одной смены можно производить блоки 600х300х200, 600х300х100, 600х300х150
- геометрия блоков
- отсутствие смазки на гранях, хорошая адгезия штукатурки.
- автоматическая сборка, разборка и смазка форм - самые трудоемкие операции выполняются без участия людей



- **Базовые характеристики линии пенобетона**

Производительность в сутки (2 смены по 10 часов)	160 куб.м. блоков типоразмеры 600х300х200 или 600х300х100
Диапазон плотностей выпускаемого пенобетона	500-900 кг.\куб.м.
Количество работников в смене	8 человек (включая мастера и грузчиков)

## Общее описание линии

### Узел хранения и подачи компонентов

- цемент подается из силоса шнеком
- песок подается транспортером из бункера (опции с просевом)

### Узел производства пенобетона

- автоматическая дозация песка, цемента, воды
- смеситель цементно песчаного раствора
- промежуточная емкость усреднения смеси, вылив самотеком, снабжена
- автоматической задвижкой и системой контроля уровня пенобетона в форме

### Система транспортировки форм на линию резки и от нее обратно к заливке

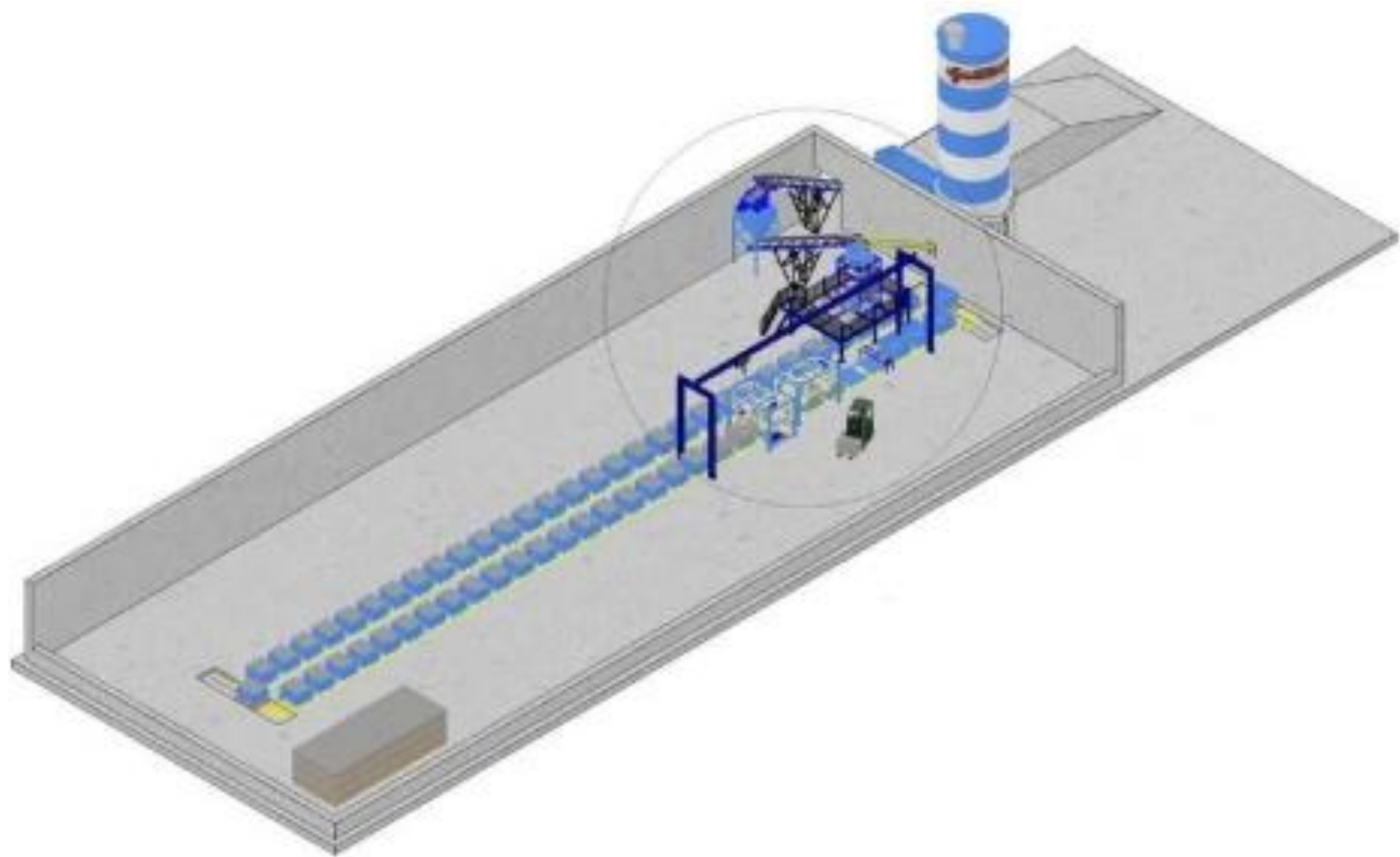
- после заливки форма движется в зону твердения (для набора необходимой пластической прочности)
- после предварительного твердения форма подается к резательной линии
- а автоматическая распалубка формы (подъем коробки, массив остается на дне формы)
- б. резка массива производится линией резки прямо на форме
- в. порезанные блоки автоматически снимаются и устанавливаются на поддон
- г. форма проходит на автоматическую чистку и смазку
- д. форма передается на узел автоматической сборки и собирается для заливки, без ручного труда
- е. форма подается на пост формования

### Резка

- массив разрезается на блоки нужного типоразмера в продольном и поперечном направлении

### Система упаковки

- готовый массив автоматическим краном снимается с поста резки и ставится на поддон, установленный на станке обмотки
- после 2 циклов поддон упаковывается и вывозится погрузчиком
- Таким образом, применяется автоматическое весовое дозирование, автоматические распалубка, сборка, смазка, резка, что обеспечивает высокую производительность конвейерной



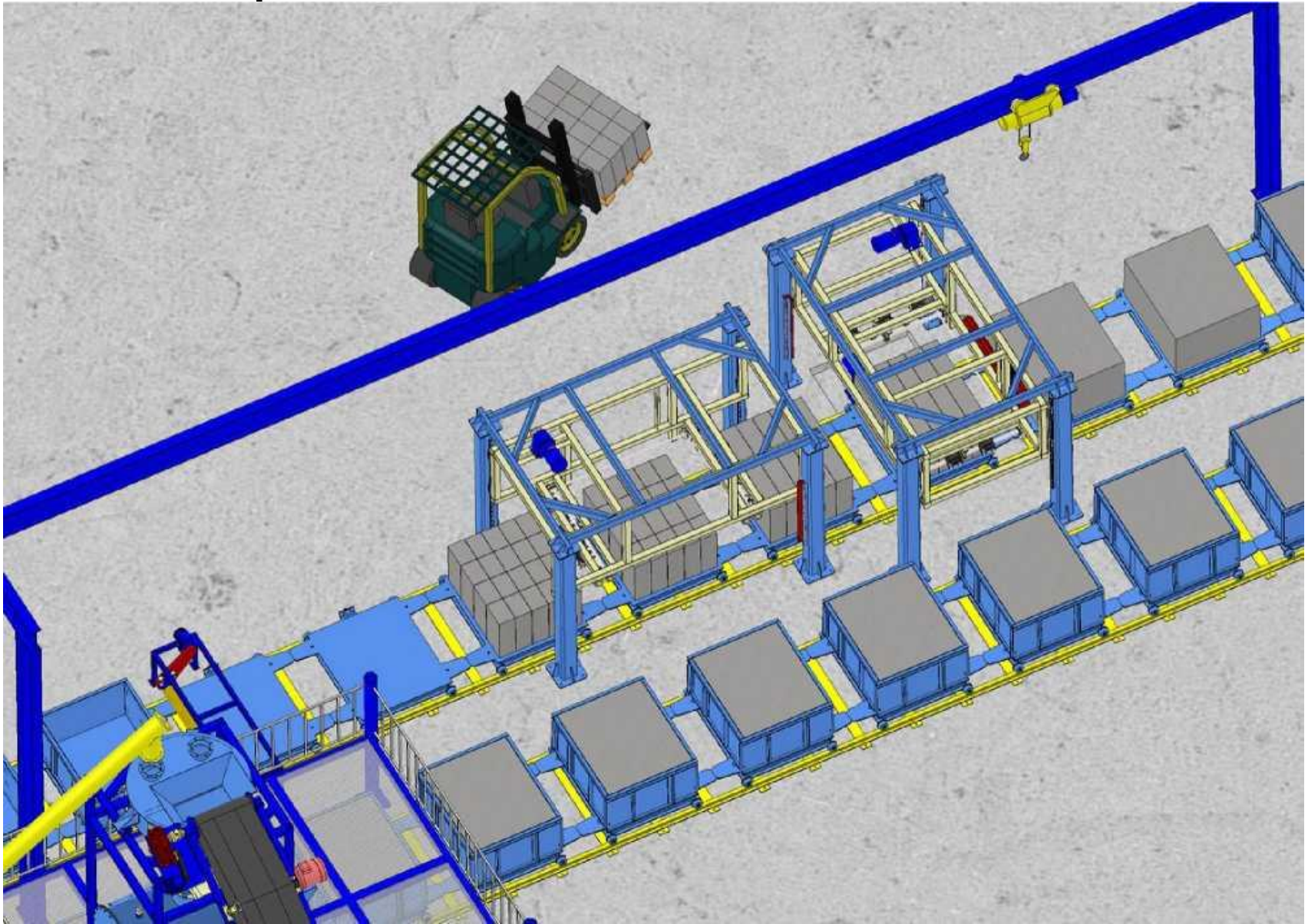
# Спецификация технологического

<b>Участок хранения материалов</b>		
Силос цемента 120 куб.м.	штук	1
Обвязка силоса (фильтр, датчики уровня, предохранительный клапан, нижняя задвижка, аэрация, пульт, комплект пневматики),	компл.	1
Шнек подачи цемента на дозацию, 6 метров,	штук	1
Склад песка (полностью автоматический), с приемом песка из самосвалов, просеиванием и подачей в весовой комплекс (2 бункера, 3 транспортера, виброгрохот)	компл.	1
<b>Участок производства пенобетона</b>		
Весовой дозатор цемента, 600 литров	штук	1
Весовой дозатор песка, 600 литров	штук	1
Дозатор воды с накопительной емкостью 1 куб.м.	штук	1
Скоростной смеситель-активатор с вибрацией, объем 800 литров	штук	1
Установка для производства пенобетона	штук	1
Накопительная емкость пенобетона с низкоскоростным перемешиванием, объем 2 куб.м.	штук	1
Металлоконструкция башни производства пенобетона	штук	1
<b>Линия перемещения и распалубки форм</b>		
Форма с устройствами для автоматической распалубки, для пенобетона, объем 0,8 куб.м.	штук	100



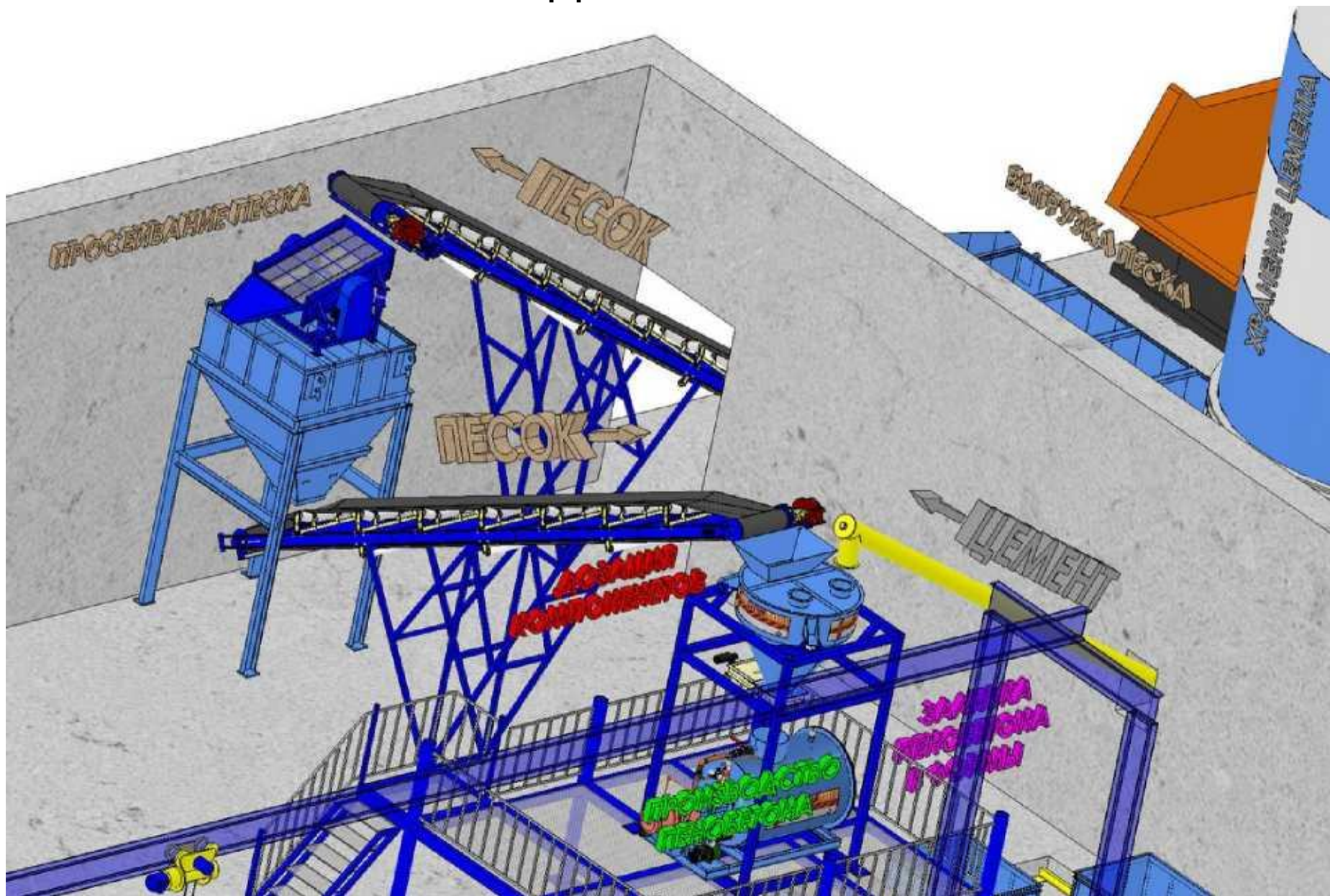
Линия перемещения и распалубки\сборки форм	штук	1
Участок автоматической смазки форм	штук	1
<b>Линия резки</b>		
Линия резки пенобетона Проф-КАТ	штук	1
Автоматический манипулятор для снятия блоков и установки на европоддон	штук	1
<b>Линия упаковки</b>		
Полуавтоматическая упаковка в стрейч пленку	штук	1
<b>Система управления</b>		
Центральный пульт управления Полностью программируемый пульт с контроллерами и пускателями большой мощности (с возможностью расширения количества компонентов). Управляет всеми системами завода.	Штук	1
Погрузчик вилочный 3 тонны	штук	1
Кран-балка 1 тонна	штук	1

- Линия резки пенобетона



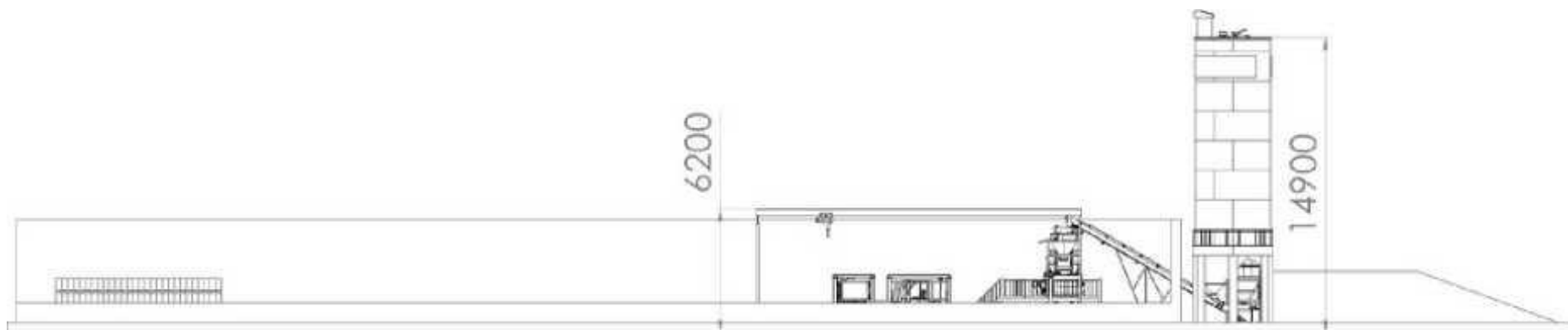
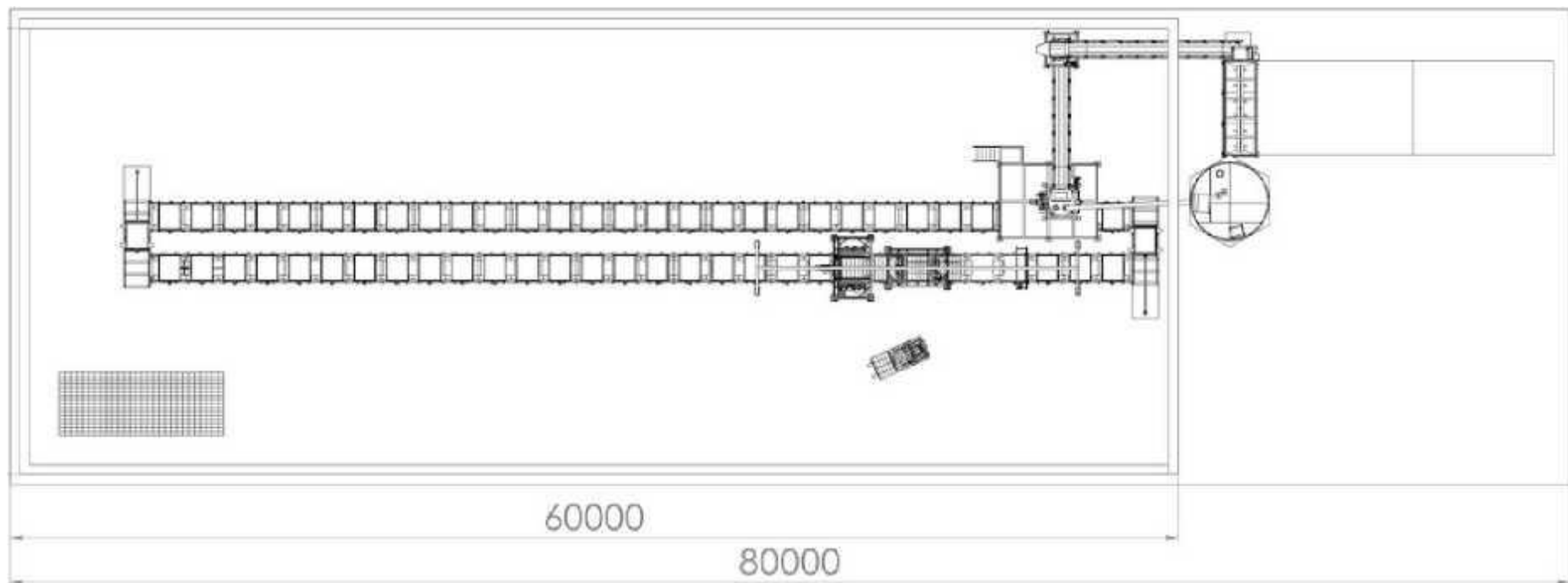


- Смесительное отделение и пост









# Агрегатно-поточная технология

- Транспортируют блоки на специальных поддонах или в контейнерах. Горизонтальные элементы используют для покрытия гражданских и промышленных зданий каркасного типа, в основном - несущие и самонесущие элементы. Для их производства используют ячеистый бетон средней плотностью  $D400-500 \text{ кг/см}^3$  и прочностью 1-3 МПа. Плиты перекрытия изготавливают из ячеистого бетона класса  $B2,5$  и плотностью  $D600-800 \text{ кг/м}^3$ . Они могут использоваться, как утеплитель кровли с габаритными размерами  $450*60(100)*10(25) \text{ см}$ . Для устройства межкомнатных или межквартирных перегородок применяют пенобетон  $D600 \text{ кг/м}^3$  и класса  $B12,5$  с размерами  $10(20)*30*60 \text{ см}$ .

# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЦЕМЕНТЫ

Для производства ячеистых бетонов применяется обыкновенный портландцемент, шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент марок 400-500 и выше.

При более высоких марках цемента следует уменьшать его удельный расход, соответственно увеличивая количество тонкомолотого наполнителя.

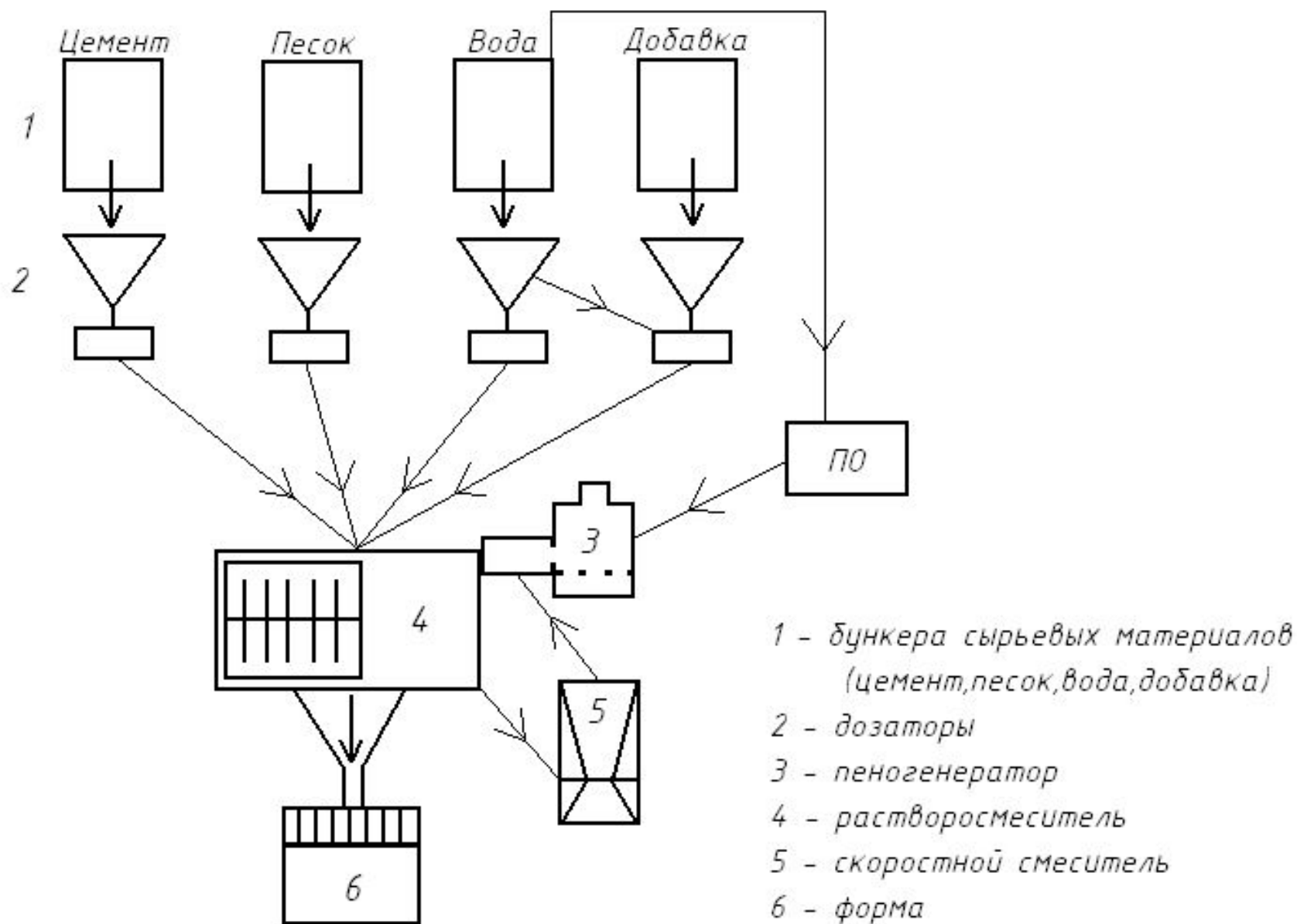
Наиболее эффективно применение алитового цемента с большим содержанием трёхкальциевого силиката С3S.

Возможно также применение белитового цемента СС с преобладающим содержанием белита.

Цемент должен иметь водородный показатель  $pH=12-13$  (щелочная среда). к цементу с величиной  $pH < 11$  следует добавлять известь.

Пуццолановый и шлакопортландцемент, в следствии их медленного схватывания, допускается применять лишь при отсутствии усадки ячеистой массы после заполнения ею формы.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ



# НАПОЛНИТЕЛИ

В пенобетон вводят в основном с целью экономии вяжущего, а также – уменьшения влажностной усадки бетона. Чаще всего используют тонкомолотые или мелкозернистые кварцевые или карбонатные наполнители, а также – золы ТЭЦ.

Кварцевый песок наиболее часто используют с содержанием кремнезёма не менее 90% и насыпной плотности 1500-1650 кг/м<sup>3</sup>.

Измельчать кварцевый наполнитель рекомендуется до удельной поверхности  $S_{уд} = 2000 - 2500 \text{ см}^2/\text{г}$

# ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ

В производстве пенобетона неавтоклавного твердения

применяются следующие виды пенообразователей: ПБ-2000, ПО-6, УНИПОР.

Пена получаемая из данных пенообразователей должна удовлетворять следующим требованиям:

- выход пор (отношение объёма пены или газа к массе пенообразователя, л/кг)  $\geq 15$  л/кг.

- стойкость пены, характеризуемая коэффициентом использования пенообразователя,  $a \geq 0,8$  .



# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СКОРОСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ

## ПОДГОТОВКА СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В качестве сырьевых материалов используют: портландцемент, наполнитель (*кварцевый песок*), пенообразователь, добавку (*хлористый кальций*), воду.

Для регулирования реологических характеристик раствора, а также для придания определённых свойств могут быть использованы различные добавки.

Чтобы обеспечить повышенную устойчивость поризованной массы на стадии формования и набора структурной прочности пенобетона, в технологии ячеистых бетонов используют тонкодисперсные наполнители.

тонкому измельчению шаровой мельницы подвергают кварцевый и кремнеземистый компоненты. Также перед приготовлением пены необходимо приготовить рабочий раствор пенообразователя.

Все сырьевые материалы подаются в расходные бункеры (ёмкости).

# ДОЗИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА

В соответствии с расчётом состава бетона дозируются все компоненты пенобетона при помощи типовых дозаторов (винтовых, ленточных, весовых). при малых объёмах производства могут использоваться объёмные дозаторы.

Приготовление пены является одной из самых важных технологических операций, поскольку количество пены и её структура в целом определяют строительно-эксплуатационные свойства пенобетона.

Приготовление пены заключается в подаче рабочего раствора пенообразователя в пеногенератор, где и получают пену.

Для улучшения качественных характеристик пены можно вводить добавки: минерализаторы и стабилизаторы пены.

## ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРА

Отдозированные сухие компоненты подаются в растворитель, или бетоносмеситель в следующем порядке: вода-цемент-песок. Смесь перемешивается для получения раствора требуемой консистенции.

## ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПЕНОБЕТОНА

В растворосмеситель (бетоносмеситель), где находится ранее приготовленный раствор, подают пену, в количестве, необходимом для получения требуемой плотности пенобетона. Дозировка количества пены определяет величину пористости и средней плотности готового продукта. Время на приготовление пенобетона от момента загрузки сухих компонентов должно быть не более 15 мин.

# ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ

Формование изделий из пенобетона заключается в распределении бетонной смеси в формы. в зависимости от размеров изделий , их можно изготавливать в индивидуальных формах (каждая ячейка рассчитана на одно изделие ) , либо использовать формование массива с последующей резкой с помощью струнной резательной установки. Последний способ предпочтительней так как позволяет получать изделия с более правильными геометрическими размерами.

## ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА

Для ускорения набора прочности пенобетона целесообразно применять тепловую обработку, т.е. производство в тепловых камерах, как правило, тоннельного типа, где набор температуры происходит при помощи ТЕНов, либо других нагревательных элементов. Температура в камере не более 50°C. В летний период обогрев изделия можно производить на открытых полигонах с использованием солнечной энергии. При этом изделия покрывают плёнкой.

## СКЛАДИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ

Изделия которые достигли отпускной прочности, помещают в контейнера, упакованные полиэтиленовой плёнкой и отправленные на склад готовой продукции, а оттуда –

# 4.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

(по примеру 2-го варианта)

## • 4.1.РЕЖИМ РАБОТЫ ЗАВОДА

- Количество расчётных рабочих суток в году – 262
- Количество рабочих смен в сутки – 2
- Продолжительность рабочей смены - 8 часов
- Годовая производительность завода - 50000 м<sup>3</sup>/год
- Суточная производительность:

- Суточная производительность:

$$\frac{50000}{262} = 191 \text{ м}^3/\text{сут}$$

- Сменная производительность:

$$\frac{191}{2} = 95,5 \text{ м}^3/\text{смена}$$

- Часовая производительность:

$$\frac{95,5}{8} = 12 \text{ м}^3/\text{час}$$



- Расчёты сводим в таблицу:

наименование продукции	производительность			
	в год	в сутки	в смену	в час
	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
пенобетонные блоки (D700) размером 200x300x600 мм	50000	191	95,5	12

## 4.2.ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

- Необходимо получить пенобетон неавтоклавного твердения с заданной плотностью ( $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ ) с объёмом замеса  $1000 \text{ л} = 1 \text{ м}^3$  .
- Материалы: портландцемент, кварцевый песок, добавка (хлористый кальций), пенообразователь, вода.

- 4.2.1. Определяем количество вяжущего:

$$P_{\text{ВЯЖ}} = \frac{\rho_{\text{сух}}}{K_c (1 + C)} * V = \frac{700}{1,1 * (1 + 0,38)} * 1 = 461,1 \text{ кг}$$

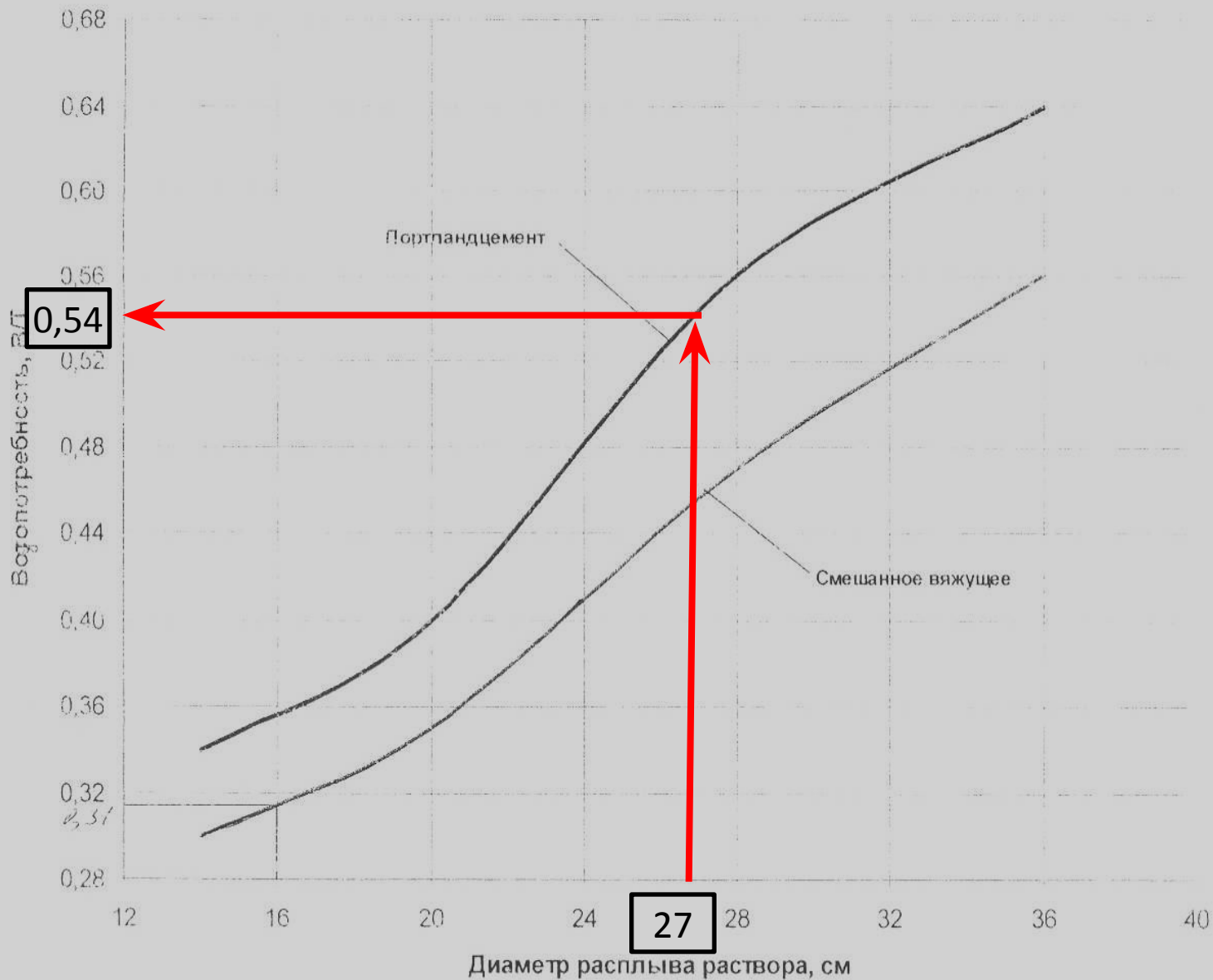
- где:  $\rho_{\text{сух}}$  - плотность бетона в сухом состоянии,
- $C$  – доля кремнеземистого компонента в вяжущем,
- $K_c$ - 1,1 – коэффициент , учитывающий потери пенобетонной массы,
- - 1000 л = 1 м<sup>3</sup> - объём замеса.

- 4.2.2. Определяем количество наполнителя (кварцевый песок):

$$P_H = P_{\text{ВЯЖ}} * C = 461,1 * 0,38 = 175,2 \text{ кг}$$

- 4.2.3 Определяем количество воды затворения. Предварительно определим водотвердое отношение по графику зависимости диаметра расплыва  $d$  при  $\rho_{\text{сух}} = 700 \text{ кг/м}^3$

График изменения водопотребности от диаметра распыла раствора по вискозиметру Суггарда



Средняя плотность пенобетона, кг/м <sup>3</sup>	Диаметр распыла раствора, см
400	36
450	35
500	34
550	32
600	30
650	28
700	27
750	25
800	24
850	23
900	22
950	20
1000	18
1050	17
1100	16
1150	15
1200	14

- Диаметр расплыва – 27 см
- Водотвердое отношение (водопотребность смеси) – 0,54
- 4.2.4. Определяем количество воды затворения:

$$B = (P_{\text{ВЯЖ}} + P_{\text{Н}}) * \frac{B}{T} = (461,1 + 175,2) * 0,54 = 343,63 \text{ кг}$$

- 4.2.5. Определяем количество добавки (хлористый кальций).

$$P_d = P_{\text{це́м}} * d = 343,63 * 0,0021 = 0,72 \text{ кг}$$

- 4.2.6. Определяем количество пенообразователя.
- Предварительно находим величину пористости:

$$\Pi_r = 1 - \frac{\rho_{\text{сух}}}{K_c} * \left( W + \frac{B}{T} \right)$$

- где:  $W$  – удельный объем сухой смеси

- Определяем удельный объем сухой смеси

$$W = \frac{\rho_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ист}}^{\text{ц}}} + \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{ист}}^{\text{н}}} = \frac{343,6}{3100} + \frac{175,23}{2650} = 0,177 \text{ м}^3$$

- Где  $\rho_{\text{ист}}^{\text{ц}} = 3,1 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{\text{ист}}^{\text{н}} = 2,65 \text{ г/см}^3$  (из справочника)
- $R_{\text{ц}}$  – количество цемента на 1 м<sup>3</sup>
- $R_{\text{н}}$  – количество наполнителя (доля кремнеземистого компонента).



- Найдем величину пористости:

$$\Pi_r = 1 - \frac{\rho_{\text{сух}}}{K_c} * (W + \frac{B}{T}) = 1 - \frac{0,7}{1,1} * (0,177 + 0,54) = 0,54 = 54 \%$$

- Где  $\rho_{\text{сух}}$  – плотность пенобетона в кг/л
- $K_c$  – коэффициент учитывающий увеличение массы в результате твердения.
- $W$ -удельный объем сухой смеси
- $B/T$ -водотвердое отношение

- Находим расход пенообразователя:

$$P_{\text{Д}} = \frac{\Pi_{\text{Г}}}{K * a} * V$$

- где:  $K = (5-10)$  - кратность пены
- Кратность пены пенообразователя – безразмерная величина, равная отношению объёмов пены и раствора, содержащегося в пене.
- $a = 0,85$  - коэффициент использования пенообразователя
- $V = 1\text{м}^3$ - объём замеса.

$$P_{\text{Д}} = \frac{\Pi_{\text{Д}}}{K \cdot a} V = \frac{0.54}{4 \cdot 0.85} 1 = 0.158 \text{ л}$$

- Общий расход материала на 1 м<sup>3</sup> пенобетона:

Цемент	461,1 кг
Наполнитель	172,5 кг
Вода	343,63 кг
Добавки	0,72 кг
Пенообразователь	0,158 л