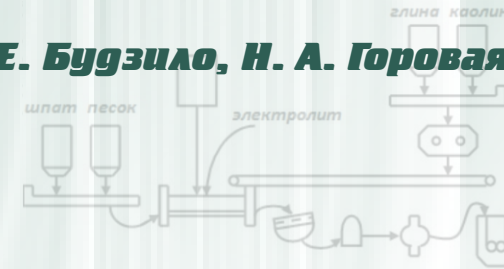


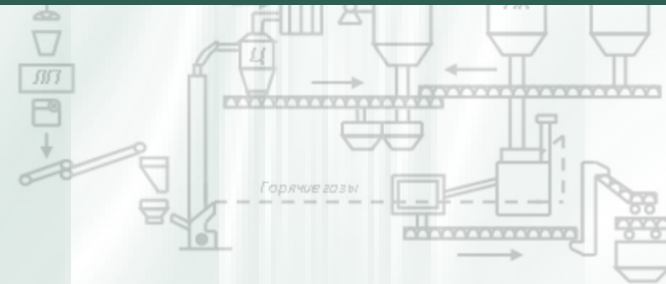
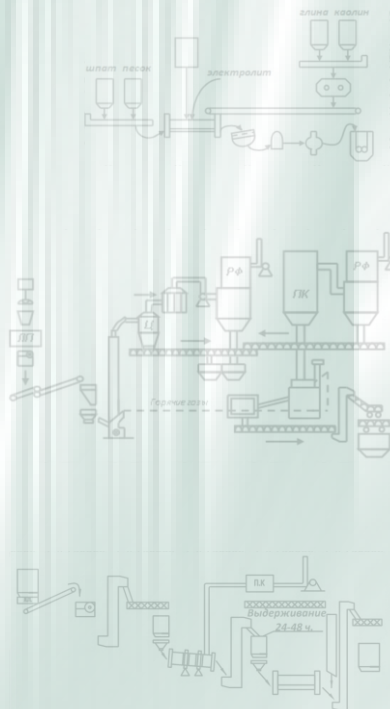
**Е. Е. Будзило, Н. А. Горовая**



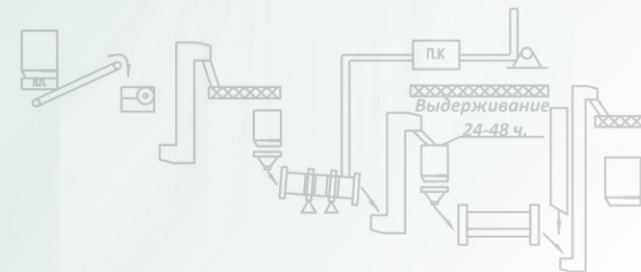
## **Практикум**

**Алчевск, 2017**

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**



**Практикум**



**Практикум**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. Е. Будзило, Н. А. Горовая

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ  
БАЗЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Практикум

*Рекомендовано Ученым советом ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ»*

Алчевск  
2017

**УДК 624 (075.8)**

**ББК Ня7**

**Б 90**

**Будзило Елена Евгеньевна** — доцент, зав. кафедрой городского строительства и хозяйства ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ» (г. Алчевск);

**Горовая Наталья Анатольевна** — доцент кафедры городского строительства и хозяйства, и.о. декана строительного факультета ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ» (г. Алчевск).

***Рецензенты:***

*В. В. Роголин* — профессор, зав. кафедрой землеустройства, строительства автомобильных дорог и геодезии ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет» (г. Луганск);

*В. Н. Дема* — начальник ОКСа Алчевской администрации (г. Алчевск);

*Е. В. Емец* — кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ» (г. Алчевск).

*Рекомендовано Ученым советом ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ»  
(Протокол № 10 от 26.05.2017)*

**Будзило Е. Е.**

**Б 90**

Практические задания по производственной базе строительства : практикум / Е. Е. Будзило, Н. А. Горовая — Алчевск : ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — 137 с.

Практикум предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Представлены задания для качественного усвоения лекционного материала и приобретения практических навыков по дисциплине.

Приведена методика расчетов производственной мощности предприятий по добыче и переработке нерудных строительных материалов, складских хозяйств на заводах по изготовлению бетонных смесей и растворов, по определению экономических связей при выборе системы снабжения продукции, по оптимальному размещению оборудования. Также даны технологические схемы предприятий, краткие характеристики строительных материалов, условные обозначения оборудования с учетом условий их использования.

С целью лучшего усвоения материала к каждому разделу разработаны вопросы для самоконтроля.

УДК 624 (075.8)

ББК Ня7

© ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017

© Е. Е. Будзило, Н. А. Горовая, 2017

© Н. В. Чернышова, художественное оформление обложки, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 1	
Определение производственной мощности предприятий по добыче и переработке нерудных строительных материалов .....	6
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 2	
Задача оптимального размещения строительной базы .....	14
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 3	
Расчет складов сырья бетоносмесительных цехов предприятий по производству сборных железобетонных изделий .....	20
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 4	
Применение симплексного метода при определении оптимальной программы использования оборудования в цехах предприятий стройиндустрии .....	34
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 5	
Изучение технологических схем ведущих цехов предприятий материально-технической базы строительства .....	42
Приложение А — Рекомендации к решению практического задания № 1 .....	57
Приложение Б — Пример составления отправной программы диагональным методом .....	60
Приложение В — Пример составления отправной программы методом наименьших (наибольших) значений .....	69
Приложение Г — Пример составления отправной программы методом двойного предпочтения .....	78
Приложение Д — Пример расчета опорного плана методом потенциалов .....	83
Приложение Е — Пример проверки плана на оптимальность .....	88

Приложение Ж — Пример построения контура опорного плана .....	90
Приложение К — Пример построения нового опорного плана .....	92
Приложение Л — Пример расчета практического задания № 3 .....	94
Приложение М — Примеры решения задачи по симплексному методу.....	98
Приложение Н — Условные обозначения оборудования к технологическим схемам .....	113
Приложение П — Краткая справка по строительным материалам .....	129
РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	137

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предприятия производственной базы строительства — составная часть материально-технической базы строительства, на которых изготавливают заполнители для бетонов, бетонные и асфальтобетонные смеси и растворы, деревянные изделия и конструкции, сборный бетон и железобетон, монтажные узлы и заготовки.

Решение задач повышения качества строительства, уменьшения материальных и трудовых расходов обуславливает потребность опережающего развития этих предприятий. Следовательно, необходимо обеспечить высокий квалификационный уровень подготовки молодых специалистов, который позволит выбирать целесообразные варианты при оценке проектных решений, обеспечивать эффективную эксплуатацию производственного оборудования.

В результате изучения дисциплины «Производственная база строительства» студенты должны приобрести навыки по применению наиболее прогрессивных технологий производства широкого спектра строительных материалов, их хранения, транспортировки с учетом требований нормативных документов.

Информационной базой для изучения курса являются следующие дисциплины «Строительное материаловедение», «Строительная техника», «Основы системного анализа».

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

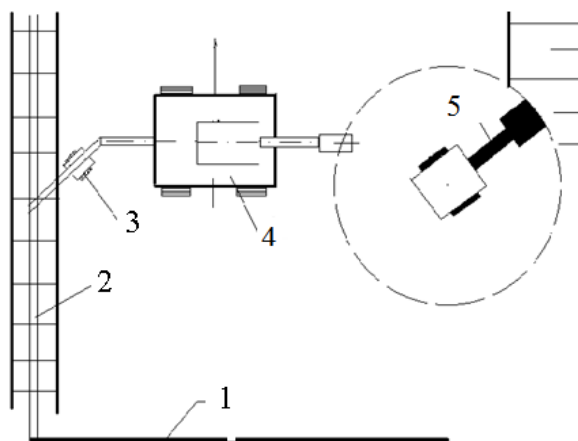
**Цель:** приобретение студентами практических навыков расчета производственной мощности предприятий в соответствии с заданным комплектом оборудования.

**Результат работы:** определение производственной мощности предприятий.

**Задание:** определить мощность предприятия по производству нерудных строительных материалов, первичная переработка которых выполняется в передвижных дробильных агрегатах непосредственно на карьере с последующей транспортировкой сырья системой ленточных конвейеров на завод (рисунок 1).

Исходные данные к заданию представлены в таблице 1.

Рекомендации по выполнению задания приведены в приложении А.



*1 — стационарный конвейер; 2 — передвижной конвейер; 3 — передвижной конвейер с ленточными весами; 4 — передвижная дробилка; 5 — экскаватор, погрузчик*

Рисунок 1 — Непрерывная технологическая схема горно-транспортных работ

Таблица 1 — Исходные данные к расчету

Варианты	Размер загрузочного отверстия дробилки $B \times L$ , мм	Материал дробления	Степень дробления $i$	Эксцентриситет вала $s$ , мм	Угол наклона подвижной щеки $\alpha$ , град	Ширина разгрузочной щели $b$ , мм	Продолжительность плановых остановок на ремонт дробилки $T_{п.п.о.р.}$ , дн.
1	350 × 400	известняк	3	12	14	150	10
2	1200 × 1400	гранит	3	35	19	200	10
3	580 × 900	песчаник	5	17	16	150	10
4	950 × 1000	гранит	4	25	18	180	7
5	300 × 900	известняк	3	12	14	180	9
6	850 × 1200	известняк	4	30	17	100	9
7	400 × 850	гранит	3	10	17	150	12
8	1200 × 1400	гранит	5	32	18	250	8
9	350 × 900	известняк	5	12	18	150	10
10	1100 × 1500	гранит	3	28	20	200	9
11	150 × 200	известняк	4	12	13	80	12
12	300 × 400	песчаник	4	10	15	120	8
13	350 × 850	песчаник	5	11	15	100	10
14	1000 × 1150	гранит	4	20	15	150	12
15	600 × 800	известняк	5	18	15	150	11
16	650 × 900	песчаник	4	20	16	150	8
17	550 × 1000	песчаник	5	19	17	150	7
18	600 × 850	песчаник	5	18	17	200	8
19	1500 × 1000	гранит	3	55	18	180	10
20	600 × 850	гранит	3	19	15	150	6



Продолжение таблицы 1

Варианты	Размер загрузочного отверстия дробилки $B \times L$ , мм	Материал дробления	Степень дробления $i$	Эксцентриситет вала $s$ , мм	Угол наклона подвижной щеки $\alpha$ , град	Ширина разгрузочной щели $b$ , мм	Продолжительность плановых остановок на ремонт дробилки $T_{п.п.р.}$ , дн.
21	550 × 900	гранит	4	16	18	100	9
22	400 × 600	гранит	4	10	16	150	9
23	350 × 900	песчаник	4	11	15	150	8
24	900 × 1150	гранит	5	27	18	150	9
25	550 × 250	известняк	4	10	12	250	6
26	650 × 450	песчаник	5	11	14	250	7
27	580 × 900	песчаник	5	17	16	150	8
28	350 × 850	песчаник	5	11	15	150	9
29	650 × 400	известняк	3	12	14	150	6
30	150 × 200	известняк	4	12	13	80	7

## Методические указания к выполнению задания

### ***1 Определение производственной мощности предприятия по переработке нерудных строительных материалов***

Производственная мощность предприятия в общем определяется по мощности ведущих цехов, участков, агрегатов. Организация работы заводов, которые перерабатывают сырье, осуществляется на основании данных о мощности обслуживающих карьеров, следовательно:

$$M_z = \sum_{i=1}^n M_k, \quad (1)$$

где  $M_z$  — производственная мощность завода;  
 $M_k$  — производственная мощность карьера;  
 $n$  — количество карьеров.

Производственная мощность карьера (тыс. м<sup>3</sup>) определяется по формуле:

$$M_k = T_{n.ф.} \cdot P_q \cdot n_l \cdot k_{вых} / 1000, \quad (2)$$

где  $T_{n.ф.}$  — годовой плановый (расчетный) фонд времени дробилок;  
 $P_q$  — часовая производительность одной машины, м<sup>3</sup>/час;  
 $n_l$  — количество одновременно работающих машин;  
 $k_{вых}$  — коэффициент выхода готовой продукции.

### ***2 Расчет годового фонда времени работы оборудования***

Режимный фонд времени при прерывном процессе производства определяется по формуле:

$$T_{реж} = [365 - (B + K)] \cdot C_{см} \cdot T_{см} - T_n, \quad (3)$$

где  $B$  — количество выходных дней;  
 $K$  — количество праздничных дней;  
 $C_{см}$  — количество смен работы в сутках;  
 $T_{см}$  — продолжительность смены;  
 $T_n$  — количество часов недоработки в праздничные и субботные дни.

Для определения  $T_{реж}$  предприятий воспользуемся таблицей 2.

Таблица 2 — Режим работы предприятия (при пятидневной рабочей неделе)

Режим работы	Годовой режимный фонд времени работы оборудования, час		
	при работе		сутки
	в 2 смены	в 3 смены	
Продолжительность смены 8 час. (в субботу 7 или 8 час.)	4144–4146	5957–5966	259–260
Продолжительность смены 8 час. (без рабочей субботы)	4148	5919	253
Продолжительность смены 7 <sup>50</sup> час. (рабочая суббота — 7 <sup>20</sup> час.)	4154	6009	265
Продолжительность смены 7 <sup>30</sup> час. (рабочая суббота — 7 <sup>30</sup> час.)	4176	6136	280

Плановый фонд времени работы оборудования:

$$T_{н.ф.} = T_{реж} - T_{н.п.о.р.} \quad (4)$$

где  $T_{н.п.о.р.}$  — продолжительность плановых остановок на ремонт дробилки определяется по таблице 1 (рекомендуется вести ремонт в первую смену).

### **3 Определение технической производительности щековой дробилки**

Техническая производительность щековой дробилки вычисляется по формуле:

$$П_ч = 60 \cdot V \cdot n_2 \cdot \mu, \quad (5)$$

где  $V$  — объем призмы выпадения материала, м<sup>3</sup>;

$n_2$  — частота вращения эксцентрикового вала, мин<sup>-1</sup>;

$\mu$  — коэффициент разрыхления материала.

В зависимости от формы материала, его прочности и степени дробления  $\mu = 0,3 - 0,65$  (меньшее значение  $\mu$  выбирается при более крупном дроблении). Для определения коэффициента  $\mu$  воспользуемся данными таблицы 3.

Таблица 3 — Характеристика разных стадий дробления

Стадия дробления	Размеры, мм	
	исходного сырья $D_{max}$	продукта дробления, $d_{max}$
Крупная	1200–1500	100–300
Средняя	100–300	80–100
Мелкая	80–100	5–30

Для определения производительности щековой дробилки воспользуемся рисунком 2.

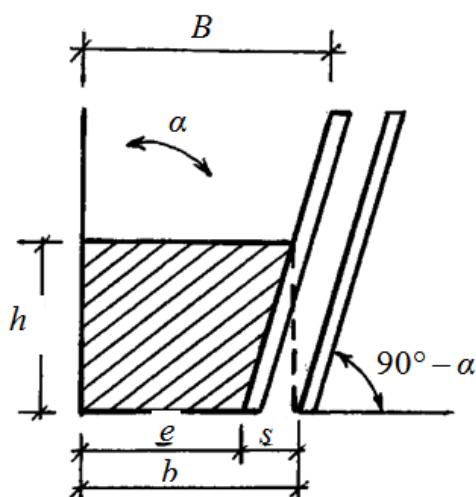


Рисунок 2 — Схема для определения производительности щековой дробилки

Объем призмы выпадения материала определяется по формуле:

$$V = \frac{2e + s}{2} \cdot h \cdot L, \quad (6)$$

где  $e$  — ширина разгрузочной щели, м;

$s$  — эксцентриситет вала, м;

$h$  — высота призмы дробимого материала;

$L$  — длина разгрузочного отверстия, м.

Частота вращения эксцентрикового вала,  $\text{мин}^{-1}$ :

$$n_2 = 60 \dots 63 \sqrt{\frac{\text{tg } \alpha}{s}}. \quad (7)$$

Размеры исходного сырья и продуктов дробления определяют по формулам (8) и (9):

$$D_{\text{тах}} = 0,8 \dots 0,9B, \quad (8)$$

$$d_{\text{тах}} = \frac{D_{\text{тах}}}{i}. \quad (9)$$

### Дополнительное задание

Подобрать ширину ленты конвейера по заданной производительности дробилки.

Ширина ленты конвейера определяется по формуле:

$$B_k = \sqrt{\frac{P_k \cdot C}{3600 \cdot 0,11 \cdot v \cdot I}}, \quad (10)$$

где  $P_k$  — техническая производительность конвейера;

$C$  — коэффициент, который учитывает снижение производительности при установке конвейера под углом  $\beta$  (если  $\beta = 10 \dots 15^\circ$ , то  $C = 0,95$ ;  $\beta = 16 \dots 20^\circ$ ,  $C = 0,9$ ;  $\beta = 20 \dots 22^\circ$ ,  $C = 0,86$ ). Для известняка  $\beta = 18^\circ$ , песчаника  $\beta = 16^\circ$ , гранита и щебня  $\beta = 22^\circ$ ;

$v$  — скорость движения ленты, м/с;

$I$  — средняя плотность материала т/м<sup>3</sup>: для песчаника — 1,9 т/м<sup>3</sup>, известняка — 1,5 т/м<sup>3</sup>, гранита — 1,6 т/м<sup>3</sup>.

Скорость движения ленты конвейера рекомендуется принимать в зависимости от транспортируемого материала (для песка, известняка  $v = 1 \text{--} 2,5$  м/с; гранита —  $v = 1 \text{--} 1,5$  м/с).

При выборе ширины ленты необходимо учитывать крупность транспортируемого материала.

Ширина ленты должна удовлетворять следующим условиям:

– для сортировочного материала:

$$B_k \geq 3,5d_{\text{мах}} + 0,2\text{м}; \quad (11)$$

– для рядового материала:

$$B_k \geq 2,5d_{\text{мах}} + 0,2\text{м}. \quad (12)$$

Стандартная ширина ленты (м) принимается в соответствии с ГОСТ22644–77 и имеет следующие значения: 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0.

После выбора стандартной ширины ленты необходимо уточнить скорость конвейера.

### **Контрольные вопросы**

1. В каких случаях применяют передвижные дробильные установки?
2. Какой транспорт используют для перевозки сырья с карьеров на перерабатывающие заводы?
3. Дать описание непрерывной технологической схемы горно-транспортных работ.
4. Как определяется производственная мощность предприятий по переработке сырья?
5. Формула расчета годового планового фонда времени работы оборудования.
6. Какие вы знаете способы определения режимного фонда времени?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 2

### ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ

**Цель:** приобретение студентами практических навыков в определении наиболее оптимальных экономических связей при выборе системы снабжения потребителей (строительных организаций) от заводов-поставщиков.

**Результат работы:** скорректированный план перевозок продукции.

**Задание:** определить методом потенциалов оптимальный план перевозок с минимальной их стоимостью, используя исходные данные согласно своему варианту (таблицы 4–6).

Таблица 4 — Варианты заданий

Заводы-поставщики, потребители		Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность заводов, тыс. т	A1	20	30	16	8	20	7	22	13	10	10
	A2	30	40	22	12	28	11	4	15	24	9
	A3	18	20	17	14	14	8	6	18	13	6
	A4	12	25	10	19	16	9	17	6	8	4
Спрос потребителей, тыс. т	B1	20	25	10	4	12	6	11	13	8	5
	B2	17	16	12	8	18	5	12	12	10	5
	B3	8	14	8	10	20	8	7	9	8	8
	B4	12	30	15	16	24	10	9	8	12	3
	B5	10	15	12	9	11	3	4	3	6	4
<b>Варианты</b>		<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Мощность заводов, тыс. т	A1	22	32	18	10	27	9	24	15	12	12
	A2	32	42	24	14	37	13	6	17	26	11
	A3	18	20	17	14	20	8	6	18	13	6
	A4	12	25	10	19	16	9	17	6	8	4
Спрос потребителей, тыс. т	B1	20	25	10	4	12	6	11	13	8	5
	B2	17	16	12	8	18	5	12	12	10	5
	B3	10	16	10	12	22	10	9	11	10	10
	B4	12	30	15	16	24	10	9	8	12	3
	B5	12	17	14	11	13	5	6	5	8	6
<b>Варианты</b>		<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
Мощность заводов, тыс. т	A1	18	28	14	6	23	5	20	11	8	8
	A2	30	40	22	12	35	11	4	15	24	9
	A3	18	20	17	14	20	8	6	18	13	6
	A4	10	23	8	17	14	7	15	4	6	2

Продолжение таблицы 4

Заводы-поставщики, потребители		Варианты									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Спрос потребителей, тыс. т	Б1	20	25	10	4	12	6	11	13	8	5
	Б2	15	14	10	6	16	3	10	10	8	3
	Б3	8	14	8	10	20	8	7	9	8	8
	Б4	12	30	15	16	24	10	9	8	12	3
	Б5	8	13	10	7	9	1	2	1	4	2

Таблица 5 — Стоимость перевозок (у. е.)

Заводы-поставщики	Потребители				
	Б1	Б2	Б3	Б4	Б5
А1	2,3	2,6	2,9	3,3	3,7
А2	2,0	2,7	3,2	3,9	4,6
А3	2,7	3,4	4,1	5,0	3,6
А4	3,0	3,7	4,5	5,4	6,4

Таблица 6 — Методы построения опорного плана

Методы	Варианты		
	1–10	11–20	21–30
Диагональный	+		
Наименьших (наибольших) значений		+	
Двойного предпочтения			+

### Методические указания к выполнению задания

#### *1 Последовательность выполнения задания:*

- 1) определение условий сбалансированности потребителей и поставщиков;
- 2) введение фиктивного потребителя при отсутствии сбалансированности;
- 3) определение общего количества перевозок;
- 4) построение опорного плана перевозок;
- 5) расчет суммарных расходов по опорному плану;
- 6) проверка плана на оптимальность;



- 7) корректировка плана при отсутствии условий оптимальности;
- 8) повторная проверка плана на оптимальность (задача решена, если соблюдается условие оптимальности).

## **2 Подготовка к построению опорного плана**

Условие сбалансированности потребителей и поставщиков:

$$\sum_{i=1}^m A_i = \sum_{j=1}^n B_j . \quad (13)$$

При отсутствии сбалансированности вводят фиктивного (условного) потребителя  $\Phi$ , что позволяет превратить открытую модель в закрытую. Спрос условного потребителя определяют по формуле:

$$\Phi = \sum_{i=1}^m A_i - \sum_{j=1}^n B_j . \quad (14)$$

Себестоимость перевозки продукции к этому потребителю из всех пунктов снабжения принимается равной нулю.

Общее число перевозок рассчитывается по формуле:

$$N_n = m + n - 1, \quad (15)$$

где  $m$  — число поставщиков;

$n$  — число потребителей, включая фиктивных.

## **3 Методы построения опорного (начального) плана**

### **3.1 Диагональный метод (см. приложение Б)**

Опорный план должен содержать в левом верхнем углу каждой клетки ее номер (адрес клетки), а в правом верхнем — стоимость перевозок. Объем поставки записывается в центре клетки.

Заполнение опорного плана (матрицы) начинается с левого верхнего угла и постепенно по диагонали подходим к правому нижнему углу.

В опорных планах количество заполненных клеток всегда должно соответствовать количеству перевозок. Если это условие не выполняется план считается вырожденным, тогда вводится нулевая поставка. При этом заполняется одна из клеток, примыкающая к загруженной клетке,

для которой была полностью использована мощность определенного завода-поставщика, с учетом сохранения при этом ступенчатого хода.

### *3.2 Метод наименьших (наибольших) значений (см. приложение В)*

В нашем случае задача решается на минимум. Заполнение матрицы начинается с клетки, которая имеет наименьшее значение стоимости перевозок. Эта клетка загружается максимально возможным объемом поставки. При этом, если поставка отвечает спросу, то столбец исключается из дальнейшего рассмотрения. Далее находят следующую клетку с минимальной стоимостью и заполняют ее максимальным значением поставки. Если полностью израсходована продукция завода-поставщика, тогда вторая строка может быть исключена из дальнейшего рассмотрения. По аналогии рассматриваются все остальные клетки.

### *3.3 Метод двойного предпочтения (см. приложение Г)*

Находим в каждом столбце клетку с минимальной стоимостью перевозок и отмечаем ее знаком (+). Аналогично рассматриваем каждую строку.

Клетки, отмеченные дважды знаком (+), заполняются в первую очередь максимально возможными значениями поставок. Во вторую очередь заполняются клетки с одним знаком (+). В последнюю очередь загружаются клетки, неотмеченные знаком (+), используя метод наименьших (наибольших) значений.

### *3.4 Анализ методов построения опорных планов*

Диагональный метод является наиболее трудоемким, но имеет детальную последовательность операций по построению отправной программы. Другие методы менее трудоемки, но не имеют четкого алгоритма при решении поставленной задачи.

## **4 Обработка матрицы потенциальным методом**

Суммарные расходы на перевозку определяются по формуле:

$$C_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{i,j} \cdot x_{i,j}, \quad (16)$$

где  $C_{i,j}$  — стоимость перевозки единицы продукции;  
 $x_{i,j}$  — объем снабжения.

Потенциалами называются значения  $u_i$  и  $v_j$ , при которых придерживаются условия оптимальности плана:

$$v_j - u_i = C_{i,j}, \text{ если } x_{i,j} > 0; \quad (17)$$

$$v_j - u_i \leq C_{i,j}, \text{ если } x_{i,j} = 0. \quad (18)$$

Из условия (17) определяем  $u_i$  и  $v_j$ :

$$v_j = C_{i,j} + u_i, \quad (19)$$

$$u_i = v_j - C_{i,j}. \quad (20)$$

Расчет потенциалов (см. приложение Д) для отправного плана начинаем с первой строки, принимаем  $u_1 = 0$ . Остальные значения потенциалов рассчитываются по заполненным клеткам по формулам (19, 20) и заносятся в таблицу 7.

Таблица 7 — Проверка плана на оптимальность (см. приложение Е)

Заводы-поставщики	Потребители и их спрос				Потенциалы строк, $u_i$
	$B_1$	$B_2$	...	$B_j$	
$A_1$	$B_1$				$u_1$
$A_2$		$B_2$			$u_2$
...					...
$A_i$				$B_j$	$u_i$
Потенциалы столбцов, $v_j$	$v_1$	$v_2$	...	$v_j$	

Сделаем проверку соответствия потенциалов условию (18).

Для клеток, где это условие не соблюдается, определяем разницу ( $d$ ):

$$d_{i,j} = v_j - u_i - C_{i,j}. \quad (21)$$

Полученные значения  $d_{i,j}$  проставим в каждой незагруженной клетке в скобках под показателем себестоимости.

Значение  $d_{i,j}$  показывает, какую экономию расходов за перевозку продукции можно получить и это значит, что план не является оптимальным.

Построение нового варианта плана (см. приложения Ж, К) начинают с клетки, которой соответствует наибольшее значение  $d_{i,j}$ . Эта клетка называется перспективной и для нее строится контур.

Контур представляет собой замкнутый многоугольник с прямыми углами. Одна из его вершин — незагруженная клетка, остальные — загруженные клетки.

Незагруженной клетке контура присваивается знак (+), который показывает необходимость ее загрузки. Переходя от вершины к вершине контура производим чередование знаков (+) и (-).

Все вершины со знаком (+) являются положительными, а со знаком (-) — отрицательными. Обход построенного контура можно выполнять как по часовой стрелке, так и против.

Из клеток с отрицательными значениями выбирается та, которая имеет наименьший объем поставок. На величину этого значения уменьшается объем поставок в клетках со знаком (-) и увеличивается в клетках со знаком (+).

Строится новый план перевозок. Затем выполняется проверка его на оптимальность вышеприведенным способом.

Условия оптимальности:

а) количество загруженных клеток :  $m + n - 1$ ;

б) в загруженных клетках:  $v_j - u_i = C_{i,j}$ ;

в) в незагруженных клетках:  $v_j - u_i \leq C_{i,j}$ .

Расчет считается законченным при получении оптимальной программы, которую необходимо представить в табличном виде.

### Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете методы построения опорного плана?
2. Дайте характеристику диагонального метода построения опорного плана.
3. Охарактеризуйте метод наименьших (наибольших) значений.
4. Дайте характеристику методу двойного преимущества.
5. Как выполняется расчет потенциалов?
6. Какие вы знаете условия проверки плана на оптимальность?
7. Как выполняется корректировка плана перевозок методом построения контура?

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 3

#### РАСЧЕТ СКЛАДОВ СЫРЬЯ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Цель:** приобретение студентами практических навыков определения потребности предприятий в сырье и способов его хранения.

**Результат работы:** определение площадей складов цемента и заполнителей в зависимости от принятого способа хранения материалов.

**Задание:** определить площадь складов сырья по производственной мощности предприятия, способу доставки и хранения материалов (таблица 8).

Пример решения задания представлен в приложении Л.

Таблица 8 — Исходные данные

Варианты	Годовая производственная мощность, тыс. м <sup>3</sup>	Изготавливаемые конструкции		Внешний транспорт складов	Тип склада заполнителей	Ориентировочная длина склада заполнителей
		наименование	количество, %			
1	40	фундаменты	100	автомобильный	штабельный	—
2	50	панели стеновые наружные	60	автомобильный	силосный	—
		панели стеновые внутренние	40			
3	60	колонны	100	автомобильный	бункерный	—
4	70	ригели	40	автомобильный	штабельный	—
		плиты	60			
5	80	ригели	50	автомобильный	силосный	—
		подкрановые балки	50			
6	90	фермы	100	автомобильный	бункерный	—
7	100	колонны	80	автомобильный	штабельный	—
		лестничные марши	20			

Продолжение таблицы 8

Варианты	Годовая производственная мощность, тыс. м <sup>3</sup>	Изготавливаемые конструкции		Внешний транспорт складов	Тип склада заполнителей	Ориентировочная длина склада заполнителей
		наименование	количество, %			
8	110	панели стеновые наружные	100	автомобильный	силосный	–
9	120	колонны	100	автомобильный	бункерный	–
10	130	ригели	50	автомобильный	штабельный	–
		плиты	50			
11	140	фермы	100	автомобильный	силосный	–
12	150	колонны	60	автомобильный	бункерный	–
		ригели	40			
13	160	фермы	100	автомобильный	бункерный	–
14	170	фермы	40	автомобильный	штабельный	60
		плиты	60			
15	180	панели стеновые наружные	100	железнодорожный	штабельный	60
16	190	панели стеновые наружные	60	железнодорожный	штабельный	60
		панели стеновые внутренние	40			
17	200	колонны	50	железнодорожный	штабельный	80
		фермы	50			
18	210	ригели	40 60	железнодорожный	штабельный	80
19	220	колонны	60	железнодорожный	штабельный	80
		ригели	40			
20	230	ригели	50	железнодорожный	штабельный	100
		подкрановые балки	50			
21	240	фермы	70	железнодорожный	штабельный	100
		ригели	30			

Продолжение таблицы 8

Варианты	Годовая производственная мощность, тыс. м <sup>3</sup>	Изготавливаемые конструкции		Внешний транспорт складов	Тип склада заполнителей	Ориентировочная длина склада заполнителей
		наименование	количество, %			
22	250	панели стеновые внешние	50	железнодорожный	штабельный	100
		плиты	50			
23	260	фермы	100	железнодорожный	штабельный	120
24	270	колонны	60	железнодорожный	штабельный	120
		ригели	40			
25	280	колонны	50	железнодорожный	штабельный	130
		ригели	50			
26	235	ригели	30	железнодорожный	штабельный	135
		плиты	70			
27	300	фермы	60	железнодорожный	штабельный	140
		плиты	40			
28	310	колонны	40	железнодорожный	штабельный	150
		фундаменты	60			
29	320	фермы	70	железнодорожный	штабельный	150
		фундаменты	30			
30	330	колонны	40	железнодорожный	штабельный	160
		ригели	60			

**Методические указания к выполнению задания**

***1 Определение расхода цемента и заполнителей на 1м<sup>3</sup> бетонной смеси***

Расход материалов зависит от проектной марки бетона, что обусловлено видом изготавливаемой продукции. Конструктивно задаемся классом бетона, пользуясь рекомендациями таблицы 9.

Марка цемента определяется по таблице 10.

Ориентировочный расчет основных параметров состава смеси выполняем с использованием данных таблиц 9 и 10, полученных при экспериментальных исследованиях.

Таблица 9 — Рекомендованные классы бетонов для изготовления конструкций

Наименование элемента	Класс бетона			
	В15–В25	–	В15–В30	–
Фундаменты	В15–В25	–	В15–В30	–
Панели наружные	–	В7,5	–	В7,5
Панели внутренних стен	В10–В22,5	В10–В15	–	–
Колонны	В15–В40	В15–В30	В15–В40	–
Ригели	В30–В40	–	В15–В40	–
Плиты	В30–В40	В15–В30	В20–В30	–
Лестничные марши	В15–В25	–	В15–В25	–
Подкрановые балки	–	–	В30–В40	–
Фермы	–	–	В30–В40	–

Таблица 10 — Выбор марки цемента

Класс бетона	В7,5	В10	В15	В20	В25	В30	В35	В40
Рекомендуемая марка цемента	200	300	300–400	400	400	400	500	600

Склад заполнителей по видам и фракциям легко разбивается на отсеки с помощью железобетонных перегородок.

Объем отдельных фракций классифицированных заполнителей учитывается поправочными коэффициентами: 1,05 (при хранении двух фракций), 1,1 (для трех фракций), 1,15 (для четырех фракций). Количество фракций задается конструктивно. Рекомендуется применение песка двух фракций, щебня или гравия — трех.

## **2 Расчет емкости заводского склада цемента и заполнителей**

Расчетное количество цемента для определения емкости склада определяется по формуле:

$$N_u = \frac{P_z \cdot C \cdot Z_u \cdot 1,04}{0,9 \cdot T}, \text{ т}, \quad (22)$$

где  $P_z$  — годовая производственная мощность предприятия, м<sup>3</sup>;

$C$  — усредненный расход цемента на 1 м<sup>3</sup> продукции, определяется по нормам технологического проектирования, т, (таблица 11);



$Z_u$  — запас цемента на складе;  
 1,04 — коэффициент возможных потерь цемента в процессе разгрузочных и транспортных операций;  
 0,9 — коэффициент заполнения емкости для хранения цемента;  
 $T$  — количество рабочих дней в году. Выбирается по таблице 2 с учетом режима работы предприятия.

Таблица 11 — Оптимальный расход цемента для выбранного класса бетона

Наименование	Класс бетона							
	В7,5	В10	В15	В20	В25	В30	В35	В40
Марка цемента	200	300	300– 400	400	400	400	500	600
	В7,5	В10	В15	В20	В25	В30	В35	В40
Тяжелый бетон								
Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	200– 240	215– 270	240– 310	270– 340	310– 390	350– 440	380– 460	410– 535
Марка цемента	200	300	300– 400	400	400	400	500	600
	В7,5	В10	В15	В20	В25	В30	В35	В40
Легкий бетон								
Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	330	340	370– 425	370– 425	385– 410	430– 490	510– 580	510– 560

Запас цемента на складе при доставке железнодорожным транспортом составляет 7–10 рабочих дней, для автотранспорта — 5–7 дней.

Вместимость склада заполнителей определяется по формуле:

$$N_3 = \frac{P_2 \cdot 3 \cdot Z_3 \cdot 1,04 \cdot k_{фр}}{0,9 \cdot T}, \text{ м}^3, \quad (23)$$

где  $P_2$  — годовая производственная мощность предприятия, м<sup>3</sup>;

$Z_3$  — усредненный расход заполнителей на 1 м<sup>3</sup> продукции (см. таблицу 12);

$Z_3$  — запас заполнителя, в зависимости от способа доставки (железнодорожным транспортом — 7–10 рабочих дней, автотранспортом — 5–7 рабочих дней);

$k_{фр}$  — коэффициент увеличения объема склада за счет раздельного хранения фракций;

1,04 — коэффициент возможных потерь заполнителя;

0,9 — коэффициент заполнения склада;

$T$  — количество рабочих дней в году,  $T = 295$  дн.

Таблица 12 — Нормы расхода нефракционных заполнителей

Наименование	Нормы расхода на 1 м <sup>3</sup> бетона, м <sup>3</sup>	Нормы расхода на 1 м <sup>3</sup> бетона, м <sup>3</sup>
	песок	щебень (гравий)
Тяжелый бетон	0,45	0,90
Легкие бетоны для элементов наружных ограждений	0,4	1
Легкие бетоны, конструктивные	0,5	0,9

### **3 Определение типа хранения и расчет площади склада**

#### **3.1 Расчет складов цемента**

Склады цемента по типам подразделяются закромные, бункерные и силосные.

Закромные склады по конструкции (сооружение типа кладовой, с плоским полом) являются наиболее простыми. Однако использовать их не рекомендуется. Это связано с тем, что такие склады требуют большой трудоемкости на грузовые и складские операции, так как цемент хранится в бумажных мешках. Высота укладки цемента должна быть не более 2 м при коэффициенте использования площади, равном 0,6–0,8. В основном они используются на небольших строительных площадках.

Бункерные склады чаще всего возводят прямоугольно-пирамидальными с прямоугольным корпусом, вертикальными стенками и днищем в виде усеченной пирамиды, что позволяет цементу разгружаться гравитационно. Бункера состоят из ряда отсеков, высота которых не превышает их полуторной ширины.

Хотя эти склады лучше механизированы, чем закромные, они все равно не отвечают современным требованиям в связи с потерями цемента во время разгрузочных работ и малой степенью механизации.

Силосные склады сооружаются из ряда однотипных банок вместимостью от 15 до 1500 т. Количество банок в основном зависит от размеров склада, необходимого количества хранящегося цемента. Загрузка и выгрузка силосов проводится механическим и пневматическим транспортом. Преимущества силосных складов: минимальные потери при погрузочно-разгрузочных работах, удовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда.

В настоящее время наиболее распространены на предприятиях силосные склады.

Силосы бывают только круглыми в плане. Для улучшения условий разгрузки силосы заканчиваются сужающейся воронкой.

Емкость одной силосной банки определяется по формуле:

$$V_c = 0,7D^2 \cdot h_g + 0,26h_y \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2), \text{ м}^3 \quad (24)$$

где  $h_y$  — высота цилиндрической части силоса;

$h_g$  — высота воронки;

$D, d$  — диаметры верхней и нижней основы воронки.

$$h_g = 0,5D \cdot \text{tg} \varphi, \quad (25)$$

где  $\varphi$  — угол наклона воронки, принимается  $60^\circ$  при разгрузке без побуждения;

$\varphi \geq 50^\circ$  — для воронок, частично покрытых аэрирующими элементами;

$\varphi \geq 15^\circ$  — для воронок полностью покрытых аэрирующими элементами.

Для изготовления цилиндрической части силосов в основном используют кольца из сборного железобетона, размеры которых приведены в таблице 13.

Таблица 13 — Нормы технологического проектирования складов цемента

Наименование	Значение
Количество емкостей для хранения цемента на предприятиях мощностью: до 100 тыс. м <sup>3</sup> свыше 100 тыс. м <sup>3</sup>	не менее 4 не менее 6
Размер выпускного отверстия $d$ , мм	200–300
Высота силоса, м	не более 25
Минимальная расчетная плотность цемента, т/м <sup>3</sup>	1
Диаметр (внутренний) железобетонного кольца для изготовления силосов, м	1,5; 3; 5; 6; 8; 10
Высота колец для силоса, м	1

Определяем количество цемента для хранения в одной силосной банке по формуле:

$$N_c = \frac{N_u}{n}, \quad (26)$$

где  $n$  — количество силосных банок, (см. табл. 13).

В первоначальном варианте расчета задаемся минимальным значением  $n$ , так как увеличение количества силосных банок приводит к удорожанию строительства.

Количество цемента, которое подлежит хранению в одном силосе можно рассчитать по формуле:

$$N_c = [0,7D^2 \cdot h_g + 0,26 \cdot h_u (D^2 + D \cdot d + d^2)] \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (27)$$

где  $\gamma$  — плотность цемента;  $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$  (см. табл. 13).

Задавшись диаметрами колец силоса и выпускного отверстия по формуле (25) рассчитываем высоту воронки  $h_g$ .

Решаем уравнение (27) относительно  $h_u$ , значение  $N_c$  подставляем из формулы (26).

Если  $h_g + h_u \geq 25 \text{ м}$ , то производим пересчет, увеличив диаметр силоса. В случае, если  $h_g + h_u \leq 6 \text{ м}$ , при пересчете диаметр силоса уменьшаем. На первом этапе диаметр цилиндрической части силоса может быть любым стандартным значением от 1,5 до 10 м.

Компоновка силосов в плане может быть одно-, двух- и многорядной.

### 3.2 Расчет складов заполнителей

По способу складирования и хранения склады заполнителей подразделяют на штабельные, полубункерные и силосные.

Среди разнообразия складов заполнителей бункерные и силосные наиболее соответствуют современным требованиям, поскольку полностью исключают загрязнение заполнителей в процессе хранения материалов. Однако в связи с большими расходами на их строительство, они мало применяются.

Наибольшее распространение получили открытые штабельные, закрытые полубункерные, траншейные и эстакадно-траншейные склады. Эти склады не требуют значительных капитальных вложений и имеют большую вместимость.

Силосные склады заполнителей в основном состоят из круглых стальных или железобетонных банок, которые размещены в плане по кольцевому типу. Шахта, которая расположена внутри склада, используется для установки элеватора.

Размер выпускной воронки для песка — 300 мм. Размер воронки для щебня и гравия определяется по формуле:

$$d = k' \cdot (\epsilon' + 80) \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ мм}, \quad (28)$$

где  $k' = 2,4\text{--}2,6$  (рекомендуемый коэффициент);

$\epsilon'$  — максимальный размер фракций сыпучего материала, мм;

$\varphi$  — угол естественного откоса материалов.

Расчет силосных складов заполнителей аналогичен расчету складов цемента. Нормы технологического проектирования приведены в таблице 14.

Емкость бункеров определяется по формуле:

$$V_{1cr} = \left( H \cdot b - \frac{b^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} \right) \cdot l, \text{ м}^3, \quad (29)$$

где  $H$ ,  $b$  и  $l$  — соответственно высота, ширина и длина бункера;

$\alpha$  — угол наклона днища бункера к горизонту.

На первом этапе расчета принимаем емкость бункера ( $V_{1cr}$  или  $V_{2cr}$ ) равной объему заполнителей (бункер разбивается на отсеки по количеству фракций).

Таблица 14 — Нормы технологического проектирования складов  
заполнителей

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Максимальный размер заполнителей (для бетонов)	$v'$	мм	40–70
Размеры колец для железобетонных банок: – диаметр – высота	$D$ $h$	м м	3,5;5;8;10 1
Угол естественного откоса заполнителей при засыпании в силосы и бункера: – песок – гравий – щебень	$\alpha$	град	30–35 35–40 40–45
Типовые размеры бункеров: – однопролетных – двухпролетных	высота, $H$ ширина, $b$ высота, $H$ ширина, $b$	м	3;6;8;10 6;8 6;8;10 12;16
Минимальный угол наклона стенок бункеров к горизонту при изготовлении поверхности скольжения из металла без применения побудителей: – щебень, гравий – песок	$\alpha$	град	50 55
Угол естественного откоса заполнителей при отсыпании в штабель	$\alpha$	град	40
Наименьшее число отсеков: – песок – крупный заполнитель	–	–	2 4
Максимальная высота штабелей: – при разгрузке заполнителей с железнодорожного склада – при отсыпании штабелей с эстакады	$h_{ш}$	м	4–8,6 10–12

Выбрав по таблице 14 параметры бункера, определяем его длину. Бункера можно проектировать одно или двухпролетными.

Если длина бункера больше его ширины в 1,5 раза, проводим пересчет, изменяя его размеры (можно принимать двухпролетный и т. д.).

Штабельные склады организуются при выгрузке заполнителей ленточными транспортерами, смонтированными на эстакаде или с помощью самоходных разгрузочных машин, оборудованных отвальным ленточным конвейером с плужком для сброса материала.

Эстакадный штабельный склад используется при разгрузке заполнителей с автомобильного транспорта. На первом этапе разгрузки материал поступает в бункерные приемные устройства, заглубленные в земле. Далее с помощью системы транспортеров материал подается на основной склад.

Длина штабельного склада определяется по формуле:

$$L_c = \frac{N_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{h_{uu}^2 \cdot k_1}, \text{ м}, \quad (30)$$

где  $N_3$  — емкость склада заполнителя;

$h_{uu}$  — нормируемая высота штабеля (см. табл. 14);

$k_1$  — коэффициент заполнителя склада, равный 0,8–0,9.

Площадь склада:

$$F = \frac{2L_c \cdot h_{uu}}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ м}^2, \quad (31)$$

При доставке заполнителей железнодорожным транспортом используют платформы и полувагоны. Разгрузка платформ проводится разгрузочной машиной Т-182А с рабочим органом штангой-хоботом с отвальным щитком, который осуществляет возвратно-поступательные движения поперек платформы. Материал сталкивается в приемный бункер, расположенный под колеей. Из бункера материал поступает на эстакадно-штабельный склад, который рассчитывают по формулам 30, 31.

Разгрузка платформ и полувагонов выполняется передвижной разгрузочной машиной ТР-2. Разгрузатель состоит из портала с шириной колеи 5 м, внутри которого проходит железнодорожный путь. На вертикально перемещаемой раме, которая смонтирована внутри портала, размещены вплотную друг к другу два ковшовых элеватора с передаточным ленточным конвейером. После установки полувагона под разгрузку, элеваторы приводятся в действие и начинают опускаться внутрь вагона (ширина эле-

ватора несколько меньше внутренней ширины вагона). Когда элеватор опустился к днищу вагона, включается привод перемещения машины. Материал подается в штабельный склад, который расположен вдоль колеи.

После механизированной разгрузки в вагоне остается до 5 %, а на платформе до 3 % материала, выгрузка которого осуществляется вручную.

При использовании для разгрузки заполнителей машины ТР-2 организовывается штабельный склад. В разрезе он представляет собой равнобедренный треугольник  $ABA_{i+1}$  или разносторонний треугольник  $A_1BA_{i+1}$  (если ширина склада имеет максимальное значение), при ширине склада меньше максимального значения, разрез может быть любым разносторонним треугольником  $A_1BA_{i+1}$ ,  $A_2BA_{i+1}$  и т. д. (рис. 3).

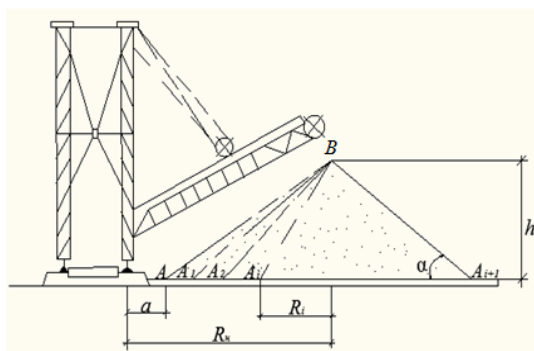


Рисунок 3 — Формирование разреза штабельного склада заполнителей при разгрузке машиной ТР-2

При условии формирования размера склада в форме равнобедренного треугольника, площадь сечения составляет (по треугольнику  $A_1BA_{i+1}$ ):

$$F_{u.c.}^I = h_{uu}^2 \cdot ctg\alpha, \text{ м}^2, \quad (32)$$

где  $h_{uu}$  — высота штабельного склада.

Площадь сечения по треугольнику  $ABA_{i+1}$  рассчитывается:

$$F_{u.c.}^{II} = \frac{1}{2} \cdot [(R_i - a) \cdot h_{uu} \cdot k_2 + h_{uu}^2 \cdot ctg\alpha], \text{ м}^2, \quad (33)$$

где  $R_i$  — максимальный вылет конвейера разгрузателя (см. табл. 15);

$a$  — расстояние от колеи разгрузочной машины к исходной точке образования отвала (см. табл. 8);

$k_2$  — экспериментальный коэффициент, который учитывает гребенчатый профиль отвала  $k_2 = 1,2-1,35$ .



Таблица 15 — Технические характеристики разгрузателя ТР-2 и основные параметры полувагонов и платформ

Показатель	Значение
Разгрузочная машина ТР-2	
Вылет отвального ленточного конвейера от колеи, $R_n$ , м	20
Высота штабеля при разгрузке, $h_{ш}$ , м	8–9
Максимальный угол подъема конвейера, $\alpha$ , град	18
Расстояние от колеи разгрузочной машины к началу отвала, $a$ , м	1
Полувагоны и платформы	
Длина платформы, $l$ , м	9,72
Длина полувагона, $l$ , м	13,37
Расстояние между вагонами или платформами, $l$ , м	0,5

Расчет штабельного склада, образованного самоходной разгрузочной машиной, выполняется следующим образом.

На первом этапе уточняем длину штабельного склада, ориентировочное значение которой приведено в таблице 15.

$$L_{o.ш.с.} = L_{p.ф.}, \quad (34)$$

где  $L_{o.ш.с.}$  — ориентировочная длина штабельного склада;

$L_{p.ф.}$  — длина разгрузочного фронта.

$$L_{p.ф.} = n \cdot l + l_1 \cdot (n - 1), \text{ м}, \quad (35)$$

где  $n$  — число одновременно разгружаемых вагонов;

$l$  — длина вагона (полувагона), м;

$l_1$  — расстояние между вагонами принимается 0,5 м (см. таблицу 15), м.

Определяем количество вагонов, которые могут быть расставлены вдоль штабельного склада:

$$n = \frac{L_{o.ш.с.} + 0,5}{l + 0,5}, \text{ м}, \quad (36)$$

Округляем  $n$  к целому значению. После этого производится уточнение длины склада по формуле (15).

Определяем площадь разреза штабельного склада

$$F_{ш.с.} = \frac{V_3}{L_{ш.с.} \cdot k_1}, \text{ м}^2 \quad (37)$$

и сравниваем ее с  $F_{ш.с.}^1$ , которая рассчитывается по формуле (32).

Если  $F_{ш.с.} = F_{ш.с.}^1$ , то в разрезе склад представляет собой равнобедренный треугольник с максимальным значением  $h_{ш.}$ .

В случае  $F_{ш.с.} < F_{ш.с.}^1$  уточняем высоту штабельного склада в разрезе, который также имеет вид равнобедренного треугольника.

При  $F_{ш.с.} > F_{ш.с.}^1$  принимаем форму разреза склада в виде разностороннего треугольника. Задавшись максимальным значением  $h_{ш.}$ , рассчитываем вылет конвейера разгрузителя  $R_i$ , используя формулу (33).

Если  $R_i$  больше допустимого значения  $R_n$ , то необходимо откорректировать длину разгрузочного фронта, определив её по формуле:

$$L_{ш.с.} = \frac{V_3}{F_{ш.с.} \cdot k_1}, \text{ м}^2. \quad (38)$$

Со склада в бетоносмесительное отделение заполнители подаются по ленточным транспортерам, которые расположены в подштабельной галерее. Размещаются склады заполнителей возле железнодорожных путей, или при использовании автотранспорта, в любом удобном месте для складирования.

### **Контрольные вопросы**

1. Что влияет на организацию складского хозяйства материально-технической базы строительства?
2. Как определяется общий запас материалов на складах.
3. Организация складов нерудных строительных материалов.
4. Организация складов сыпучих материалов.
5. Типы складов для хранения нерудных материалов.
6. Типы складов для хранения сыпучих материалов.
7. Технологические схемы автоматизированных силосных складов.
8. Типы складов для хранения цемента.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 4

### ПРИМЕНЕНИЕ СИМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОЙИНДУСТРИИ

**Цель:** приобретение студентами практических навыков расчета оптимальных программ использования оборудования цехов, обеспечивающих максимальную прибыль.

**Результаты работы:** скорректированный план использования оборудования.

**Задание:** цех выпускает оконные блоки (продукция I) и дверные полотна (продукция II). Каждая единица продукции дает цеху соответствующие единицы прибыли. Производственное оборудование цеха состоит из четырех групп станков (А, Б, В, Г). Используя повариантную количественную оценку наличия оборудования (см. табл. 16) и величину прибыли на единицу продукции (см. табл. 17), найти оптимальную программу работы цеха, обеспечивающую максимальную прибыль.

Примеры решения задания приведены в приложении Л.

#### Методические указания к выполнению задания

Алгоритм решения задачи:

- 1) построить базисный (опорный) план;
- 2) определить оптимальность полученного варианта плана;
- 3) при отсутствии оптимального решения удалить из плана одну из переменных и ввести другую;
- 4) сделать перепроверку на оптимальность;
- 5) при отсутствии оптимальности повторить пункты 3 и 4.

Таблица 16 — Количественная оценка наличия оборудования

Группа оборудования	Количество оборудования в каждой группе (в единицах)									
	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	15	9	17	8	12	10	9	21	23	19
Б	10	5	3	10	2	5	10	7	16	12
В	20	10	9	24	6	15	10	14	12	10
Г	15	12	18	16	12	8	12	7	20	30

Продолжение таблицы 16

Группа оборудования	Количество оборудования в каждой группе (в единицах)																			
	Варианты																			
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
А	30	18	36	16	24	20	18	42	46	40										
Б	20	10	6	20	4	10	20	14	32	24										
В	40	20	18	48	12	30	20	28	24	20										
Г	30	24	36	32	24	16	24	14	40	60										
Группа оборудования	Варианты																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
А	45	27	6	24	36	30	27	63	69	60										
Б	30	15	1	30	6	15	30	21	48	36										
В	60	30	3	72	18	45	30	42	36	30										
Г	45	36	6	32	36	24	36	14	60	90										
Группа оборудования	Количество оборудования, используемого для выпуска 1000 м <sup>2</sup> продукции I и II видов																			
	Варианты																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II				
А	3	1	3	0	3	1	4	0	3	1	0	5	3	0	2	1	5	1	5	0
Б	1	2	1	1	1	1	2	0	1	0	5	0	0	5	0	1	4	0	0	4
В	5	0	0	5	0	4	4	4	0	1	1	5	4	2	1	1	0	4	1	2
Г	0	5	2	3	3	1	0	4	3	1	6	1	2	3	1	0	2	4	3	6
Группа оборудования	Варианты																			
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
А	3	1	3	0	3	1	4	0	3	1	0	5	3	0	2	1	5	1	5	0
Б	1	2	1	1	1	1	2	0	1	0	5	0	0	5	0	1	4	0	0	4
В	5	0	0	5	0	4	4	4	0	1	1	5	4	2	1	1	0	4	1	2
Г	0	5	2	3	3	1	0	4	3	1	6	1	2	3	1	0	2	4	3	6
Группа оборудования	Варианты																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
А	3	1	3	0	3	1	4	0	3	1	0	5	3	0	2	1	5	1	5	0
Б	1	2	1	1	1	1	2	0	1	0	5	0	0	5	0	1	4	0	0	4
В	5	0	0	5	0	4	4	4	0	1	1	5	4	2	1	1	0	4	1	2
Г	0	5	2	3	3	1	0	4	3	1	6	1	2	3	1	0	2	4	3	6

Таблица 17 — Величина прибыли на единицу продукции

Продукция	Варианты		
	1–10	11–20	21–30
I вид	2 ед.	4 ед.	1 ед.
II вид	3 ед.	5 ед.	2 ед.

## 1 Построение опорного плана

Обозначим количество продукции первого вида через  $x$ , количество продукции второго вида — через  $y$ . Для решения задачи должны существовать неравенства, которые показывают возможность использования оборудования:

$$\begin{cases} m_1x + z_1y \leq N_1, \\ m_2x + z_2y \leq N_2, \\ m_3x + z_3y \leq N_3, \\ m_4x + z_4y \leq N_4, \end{cases} \quad (39)$$

где  $m_1, m_2, m_3, m_4$  — количество оборудования, которое используется для выпуска продукции I;

$z_1, z_2, z_3, z_4$  — количество оборудования, которое используется для выпуска продукции II;

$N_1, N_2, N_3, N_4$  — количество единиц оборудования в каждой группе.

Целевая функция, которая указывает на условие получения максимальной прибыли от выпускаемой продукции:

$$L = l_1x + l_2y = \max, \quad (40)$$

где  $l_1$  — единица прибыли продукции I;

$l_2$  — единица прибыли продукции II.

При полном использовании мощности каждой группы оборудования неравенства должны превратиться в уравнения. Для этого прибавим к каждому из них какую-то величину, назвав ее дополнительным объемом продукции ( $n$ ).

Тогда получим:

$$\begin{cases} m_1x + z_1y + n_1 = N_1, \\ m_2x + z_2y + n_2 = N_2, \\ m_3x + z_3y + n_3 = N_3, \\ m_4x + z_4y + n_4 = N_4. \end{cases} \quad (41)$$

Целевая функция прибыли будет иметь вид:

$$L = l_1x + l_2y + 0n_1 + 0n_2 + 0n_3 + 0n_4 = \max. \quad (42)$$

На первом этапе решения задачи в отправную программу вводят условные (номинальные) виды продукции ( $n_1, n_2, n_3, n_4$ ), которые означают производственную возможность их изготовления. При этом отправная программа составляется, исходя из условия использования существующего оборудования.

Количество номинальных видов продукции равняется количеству групп оборудования. На каждой группе оборудования будет изготавливаться один вид условной продукции. Исходные данные для составления опорного плана представлены в таблице (18).

Таблица 18 — Производственная мощность цеха по выпуску номинальной продукции

Группы оборудования	Количество единиц оборудования в группе	Номинальная продукция, которая выпускается			
		$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
А	$N_1$	1	0	0	0
Б	$N_2$	0	1	0	0
В	$N_3$	0	0	1	0
Г	$N_4$	0	0	0	1
Прибыль, $l_j$		0	0	0	0

Каждая единица в столбцах показывает, на какой группе оборудования производится данный вид продукции, 0 свидетельствует о том, что продукция не производится.

Суммарная мощность цеха по выпуску номинальной продукции определяется по формуле:

$$M = N_1 n_1 + N_2 n_2 + N_3 n_3 + N_4 n_4. \quad (43)$$

Обозначим продукцию I через  $t_1$ , продукцию II —  $t_2$  и выразим их через номинальную следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} t_1 &= m_1 n_1 + m_2 n_2 + m_3 n_3 + m_4 n_4, \\ t_2 &= z_1 n_1 + z_2 n_2 + z_3 n_3 + z_4 n_4. \end{aligned} \quad (44)$$

Построим отправную (базисную) программу цеха (табл. 19).

Таблица 19 — Отправная программа (симплексная таблица)

Прибыль, $l_j$	Программа		$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$
	наименование продукции (базис)	количество продукции, ед.	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	$n_1$	$N_1$	$m_1$	$z_1$	1	0	0	0
0	$n_2$	$N_2$	$m_2$	$z_2$	0	1	0	0
0	$n_3$	$N_3$	$m_3$	$z_3$	0	0	1	0
0	$n_4$	$N_4$	$m_4$	$z_4$	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	$-l_1$	$-l_2$	0	0	0	0

В первой строке симплексной таблицы записываем первое уравнение системы (41), во второй — второе и так далее. В самой верхней строке таблицы записываем коэффициенты целевой функции (42) с прибылью на единицу продукции каждого вида. Заполнение строки  $L_j - l_j$  выполняется следующим способом: величина  $L_j$  представляет собой сумму результатов величин столбца  $l_j$  на коэффициенты столбца 3.

Общее количество переменных  $n = 6$ , число уравнений-ограничений  $\alpha = 4$ , неизвестных  $n - \alpha = 6 - 4 = 2$  (могут быть заданы произвольные значения). Принимаем  $t_1 = t_2 = 0$ .

Тогда, подставив принятые значения для  $t_1$  и  $t_2$  в исходное уравнение (41), получим:

$$\begin{cases} m_1 0 + z_1 0 + n_1 = N_1, \\ m_2 0 + z_2 0 + n_2 = N_2, \\ m_3 0 + z_3 0 + n_3 = N_3, \\ m_4 0 + z_4 0 + n_4 = N_4. \end{cases} \quad (45)$$

В отправном плане основные переменные  $t_1$  и  $t_2$  приняты 0 и не входят в базис задачи, а дополнительные переменные получают свои максимальные значения в соответствии с исходным уравнением (41). Составленный план отвечает такому условию, при котором ничего не производится и прибыль отсутствует.

Для получения прибыли необходимо, чтобы предприятие выпускало действительную продукцию  $t_1$  и  $t_2$ .

Цифры последней строки таблицы 19 показывают, в какой мере отдельные виды продукции могут улучшить отправную программу. Введение в новую программу  $t_1$  увеличивает чистую прибыль на  $l_1$  денежных единиц,  $t_2$  — на  $l_2$ . Из двух вариантов выбираем тот, который обеспечивает максимальную прибыль.

## ***2 Обработка опорного плана (матрицы) симплексным методом***

### *2.1 Основные правила симплексного метода*

Правило 1: наличие в столбцах вводимой продукции, при положительных (при решении задачи на минимум) и отрицательных (при решении задачи на максимум) значениях в последней строке матрицы, которая определяет вариант производственной программы, свидетельствует о необходимости улучшения программы.

Правило 2: для определения вида номинальной продукции, который следует заменить на вводимый, необходимо все элементы столбца матрицы-программы (в данном случае столбца 3 таблицы 19) разделить на соответствующие элементы столбца вводимой продукции (если  $l_1 > l_2$ , то столбец 4, при  $l_1 < l_2$  — столбец 5).

Наименьшее частное от деления значения столбца программы 3 на значение столбца вводимой продукции 4 или 5 определяет наибольший объем продукции, который можно изготовить на установленном в цехе оборудовании.

При расчете элементов столбца-программы деление на 0 не выполняется, так как 0 указывает, что вводимая продукция на этой группе оборудования не производится.

Второй улучшенный план программы будет предусматривать производство продукции  $t_1$  (при  $l_1 > l_2$ ) или  $t_2$  (при  $l_1 < l_2$ ).

Правило 3: для определения всех элементов по вводимой строке новой матрицы (второй вариант программы) необходимо каждый элемент выводимой строки разделить на генеральный элемент. Генеральный элемент, представляет собой делитель который определяет наименьшее частное от деления по правилу 2.

Генеральный элемент может быть только положительным числом. Он определяет по строке продукцию, выводимую из плана, а по столбцу — вводимую продукцию. В матрице генеральный элемент заключается в рамку.



## *2.2 Расчет элементов новой матрицы*

Определение элементов новой матрицы по столбцам  $t_1, t_2, n_1, n_2, n_3, n_4$  выполняется с учетом правил 4–6, приведенных ниже.

Правило 4: элементы тех столбцов новой матрицы, у которых величина, соответствующая вводимой строке, равна 0, переносятся в новую матрицу без изменения.

Правило 5: элементы столбца, которые отражают вводимую продукцию, кроме элемента  $t_2 (t_1)$ , соответствующего вводимой строке и рассчитанного по строке (по правилу 2), переносятся в новую матрицу в виде нулей.

Правило 6: остальные столбцы новой матрицы определяются специальным расчетом. Основой расчета является положение, что каждый новый элемент равен разности, где уменьшаемое представляет собой очередной элемент рассчитываемого столбца, а вычитаемое — произведение нового элемента столбца  $t_1$  или  $t_2$ , соответствующего вводимой строке, на очередной элемент старого столбца вводимой продукции.

На основании выполненных расчетов разрабатывается второй вариант программы.

## *2.3 Корректировка второго варианта матрицы*

Если последняя строка новой матрицы имеет отрицательные значения ( $-l_1$  или  $-l_2$ ), то полученная программа не является оптимальной и нуждается в корректировке.

Все расчеты для получения новой матрицы производятся в соответствии с правилами, изложенными в пунктах 2.1 и 2.2.

Результат решения задачи — представленная матрица всех интерпретаций (расчетов).

## *2.4 Преодоление вырождения матрицы*

Правило 7: если генеральный элемент неоднозначен, то на элементы выбранного столбца следует делить не только элементы столбца программы, но и все цифровые данные тех строк, компоненты которых могут быть генеральным элементом. Полученные таким образом частные, сравниваем по всем столбцам и выбираем генеральный элемент из строки, в которой при движении слева направо раньше всего встречается наименьшее значение.

Далее задача решается методом, представленным выше.

## **Контрольные вопросы**

1. Алгоритм решения задач симплексным методом.
2. Что такое "генеральный элемент".
3. Первое правило симплексного метода.
4. Второе правило симплексного метода.
5. Третье правило симплексного метода.
6. Расчет элементов отправной программы для построения новой матрицы.
7. Проверка плана на оптимальность.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 5

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВЕДУЩИХ ЦЕХОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Цель:** приобретение студентами практических навыков в разработке технологических схем, проектирования технологического плана цеха.

**Результаты работы:** описание технологической схемы.

**Задание:** рассмотреть технологическую схему согласно индивидуального варианта (см. табл. 20) и выполнить ее детальную расшифровку.

Таблица 20 — Варианты заданий

Варианты	Технологическая схема	№ рисунка
1	Схема производства керамзитного песка по пластичному способу подготовки сырья	5
2	Схема обжига извести	6
3	Схема производства перлитного песка в вертикальной шахтной печи	7
4	Схема производства вспученного перлитового песка и щебня в обращаемой печи	8
5	Схема производства газобетонной смеси для производства изделий из ячеистых бетонов	9
6	Схема производства силикатных бетонов на основе негашеной извести-кипелки	10
7	Схема производства силикатных бетонов гидратным способом (барабанная схема)	11
8	Схема производства многокомпонентной грубокерамической массы для полусухого прессования	12
9	Схема производства многокомпонентной грубокерамической массы для пластичного формования	13
10	Схема производства тонкокерамических масс шликерным способом	14
11	Схема производства тонкокерамических масс для пластичного формования и полусухого прессования	15

Продолжение таблицы 20

Варианты	Технологическая схема	№ рисунка
12	Схема производства щебня по открытому циклу	16
13	Одностадийная схема производства щебня по закрытому циклу	17
14	Двухстадийная схема производства щебня по закрытому циклу	18
15	Схема производства литейных шликеров беспрессовым способом	19
16	Схема производства гипса в гипсоварных котлах	20
17	Схема помола портландцемента по открытому циклу	21
18	Схема общего помола и обжига гипса	22
19	Схема производства строительного гипса с обжигом в оборотной печи	23
20	Схема производства портландцемента мокрым способом	24
21	Схема производства портландцемента сухим способом	25
22	Схема трехстадийного дробления известковых материалов высокой и средней плотности	26
23	Схема сухого дробления сырьевых материалов, используемых в цементном производстве	27
24	Схема производства силикатного бетона дезинтеграторным способом из комовой извести	28
25	Схема производства силикатных бетонов гидратным способом (силосная схема)	29
26	Схема производства силикатных бетонов дезинтеграторным способом из гашеной извести	30
27	Технологическая линия для производства молотой извести	31
28	Схема совместного производства крупнокусковой, мелкокусковой извести и известняковой муки	32
29	Схема производства арболитовой смеси	33
30	Схема подготовки сырья для производства силикатных смесей	34

### Методические указания к выполнению работы

Технологическая схема производства дает представление о процессе производства готовой строительной продукции из сырья. Она состоит из конструктивных обозначений взаимодействующих машин и

оборудования, в частности, агрегатов непрерывного действия (элеваторов, транспортеров, питателей, дробилок и т. д.) и является комплексом поточно-транспортных систем.

### ***Последовательность выполнения задания***

1. Изучить технологическую схему в соответствии с заданием.
2. Выполнить описание схемы в зависимости от варианта задания (смотри пример, приведенный ниже).

Описание технологической схемы выполняется в последовательности, обеспечивающей превращение сырья в готовую продукцию.

Конструктивные обозначения основных машин представлены в приложении Н, основные данные о строительных материалах приведены в приложении П.

### ***Пример выполнения задания***

Задание: рассмотреть технологическую схему производства строительных растворов и бетонных смесей (см. рис. 4) и выполнить ее детальную расшифровку.

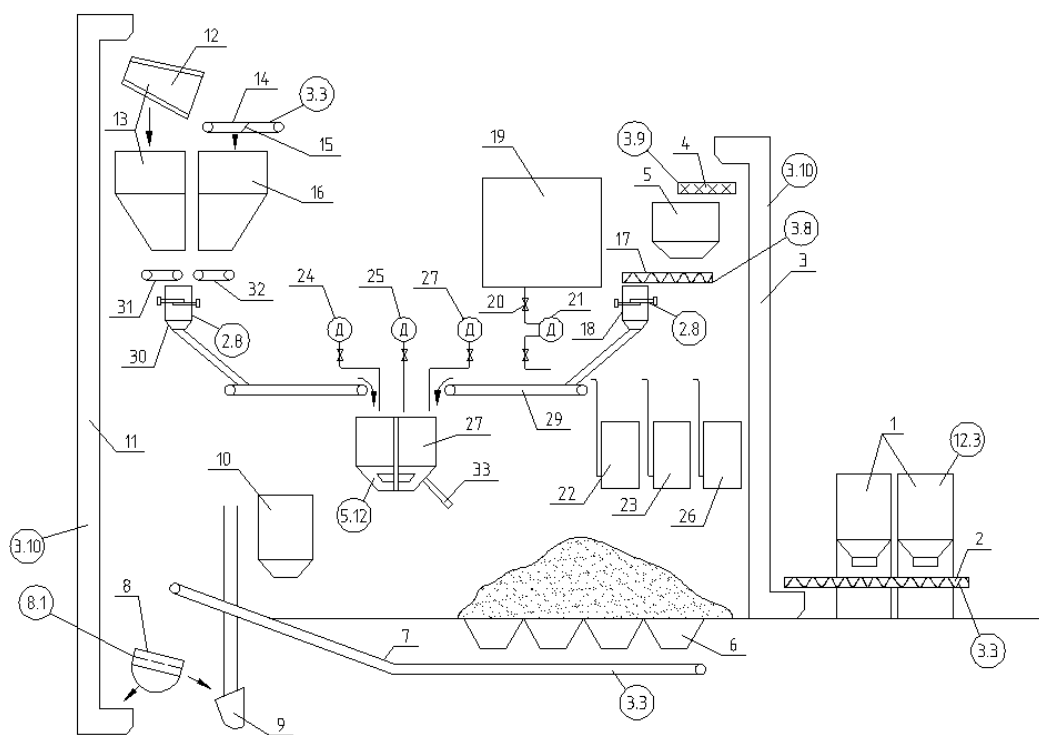


Рисунок 4 — Схема производства строительных растворов и бетонных смесей

### *Описание технологической схемы*

Цемент из силосных резервуаров 1 по шнекам 2, 4 и элеватору 3 поступает в расходный бункер цемента 5. Песок, гравий или щебень из траншейно-бункерного склада 6 перемещается по ленточному транспортеру 7 и поступает на виброгрохот 8, где происходит предварительное разделение на фракции. Отбор негабарита и других посторонних включений (более 70–100 мм) осуществляется ковшем шахтоподъемника 9 (шахтные подъемники используют при подаче материалов на высоту). Далее материал поступает в бункер для отходов 10. Используемый материал по элеватору 11 транспортируется на цилиндрическое вращающееся сито (пескосеялку) 12 и сортируется на песок и щебень (гравий). Сито оборудовано бортовыми окрылками, предотвращающими потери песка при перемещении в расходный бункер 13. Щебень по ленточному питателю 14, оснащенный разгрузочной кареткой, поступает в бункер 16.

Склад цемента оборудован отопительными регистрами для оттаивания и подогрева заполнителей при работе в зимних условиях. В расходных бункерах установлены указатели уровня материалов для подачи команд на регулирующие механизмы питания и побудители для ликвидации возможных зависаний материалов. Из расходных бункеров цемент подается шнековым питателем 17 в весовой дозатор цемента 18. После взвешивания цемент по ленточному транспортеру 29 поступает в турбулентный смеситель 27.

Песок и гравий из бункеров 13, 16 по ленточным транспортерам 31, 32 перемещается в весовой дозатор 30 и по ленточному транспортеру в турбулентный смеситель 27.

В отделении смесителя расположен бак для воды 19, который подается при помощи электрогидравлического клапана 20 в объемный дозатор воды 21. При постоянном количественном соотношении между цементным тестом и составом заполнителей, удобоукладываемость смесей, прочностные характеристики могут изменяться в зависимости от введенных жидких добавок. С этой целью располагаются баки нитрата натрия 23 подмыленного раствора 22, которые заполняются при помощи насосов, а дозирование этих составляющих производится объемными дозаторами 24, 25. Заполнение бака известняка 26 и его дозировка осуществляется аналогичным способом. По дозаторам материал посту-

падет в турбулентный смеситель 27, что обеспечивает высокое качество растворной или бетонной смеси. После окончания цикла перемешивания через телескопический лоток 33 продукция разгружается. После этого лоток поднимается и весь цикл повторяется снова.

**Рисунки к практическому заданию**

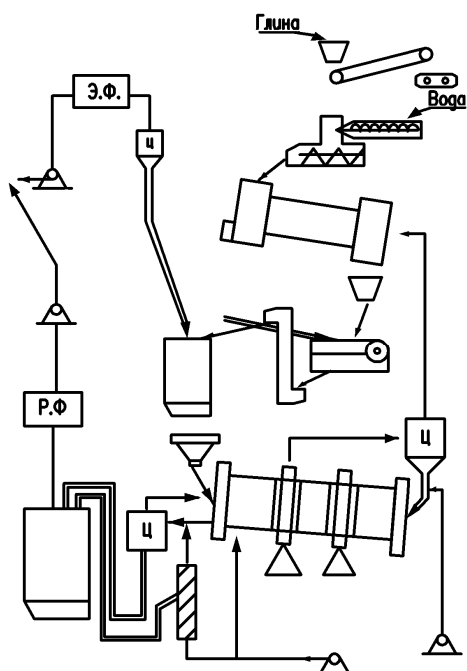


Рисунок 5 — Схема производства керамзитного песка по пластичному способу подготовки сырья

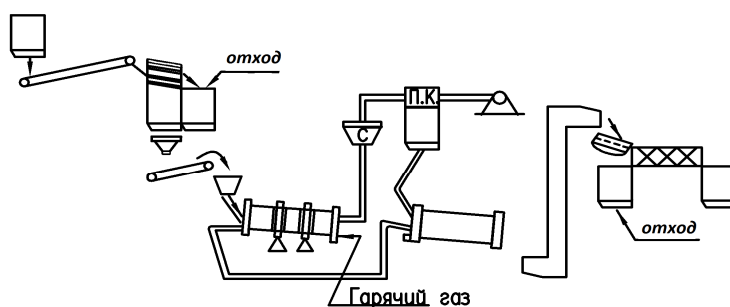


Рисунок 6 — Схема обжига извести

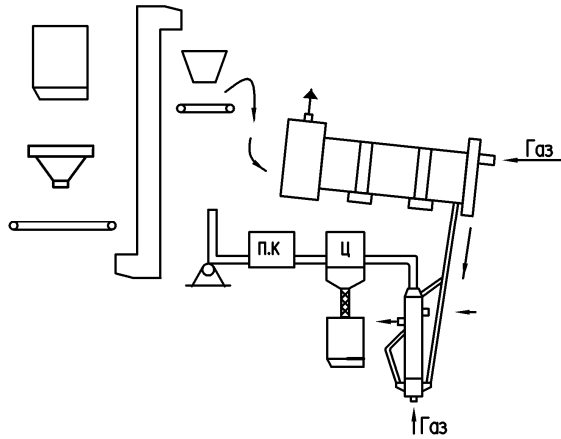


Рисунок 7 — Схема производства перлитного песка в вертикальной шахтной печи

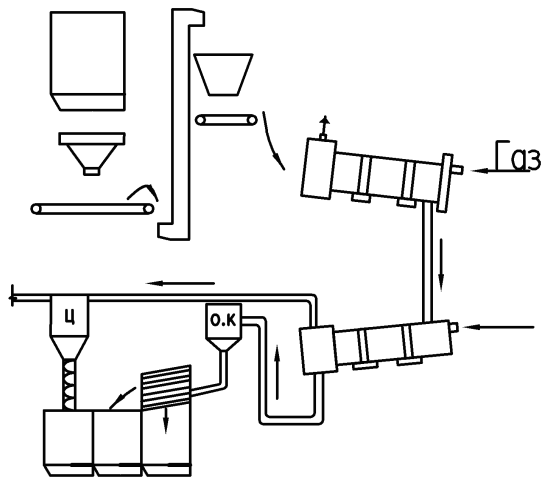


Рисунок 8 — Схема производства вспученного перлитного песка и щебня во вращающейся печи

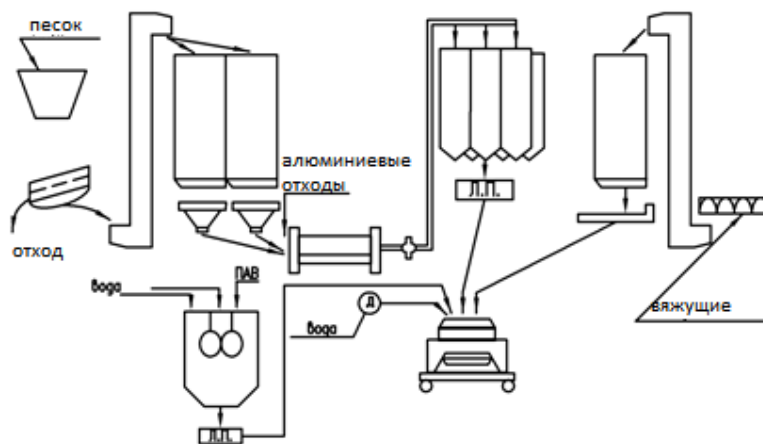


Рисунок 9 — Схема производства газобетонной смеси для производства изделий из ячеистых бетонов



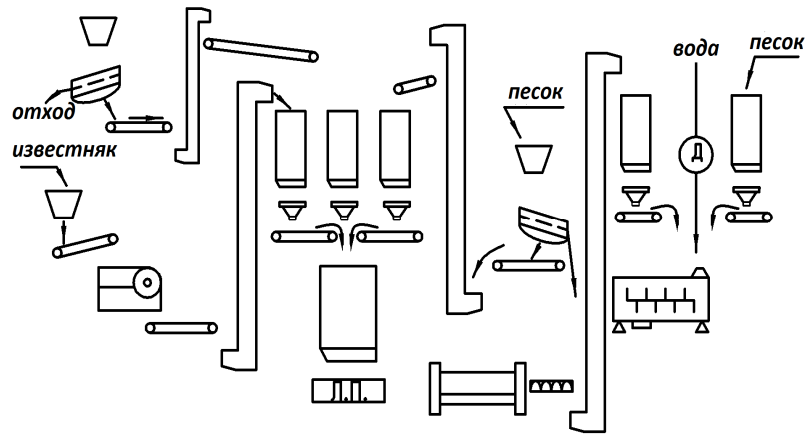


Рисунок 10 — Схема производства силикатных бетонов на основе негашеной извести-кипелки

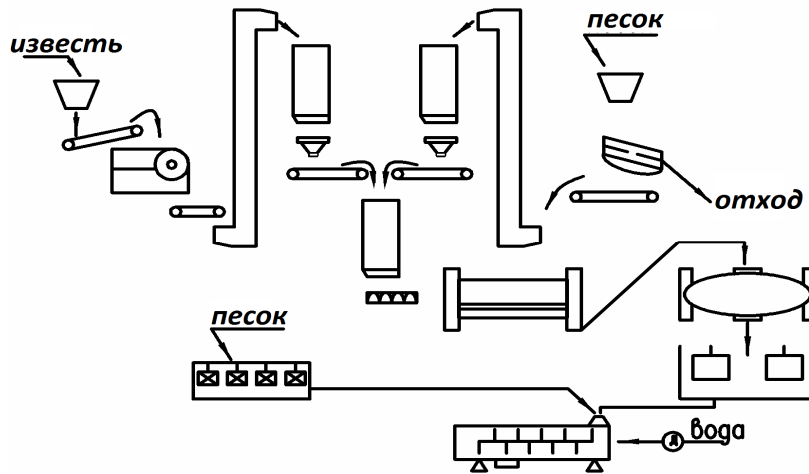


Рисунок 11 — Схема производства силикатных бетонов гидратным способом (барabanная схема)

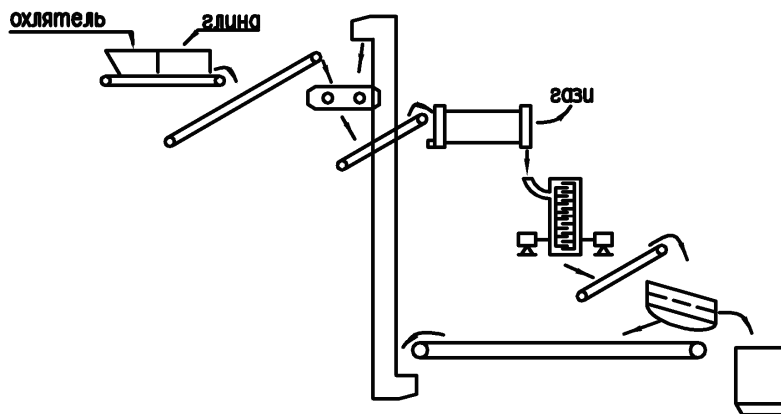


Рисунок 12 — Схема производства многокомпонентной грубокерамической массы для полусухого прессования

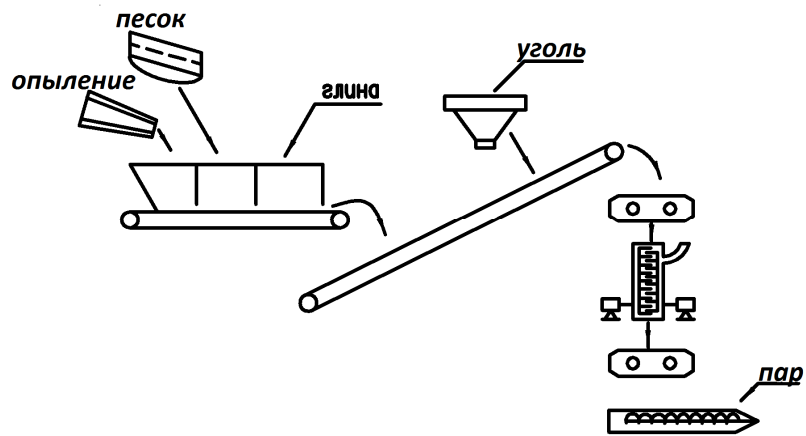


Рисунок 13 — Схема производства многокомпонентной грубокерамической массы для пластичного формования

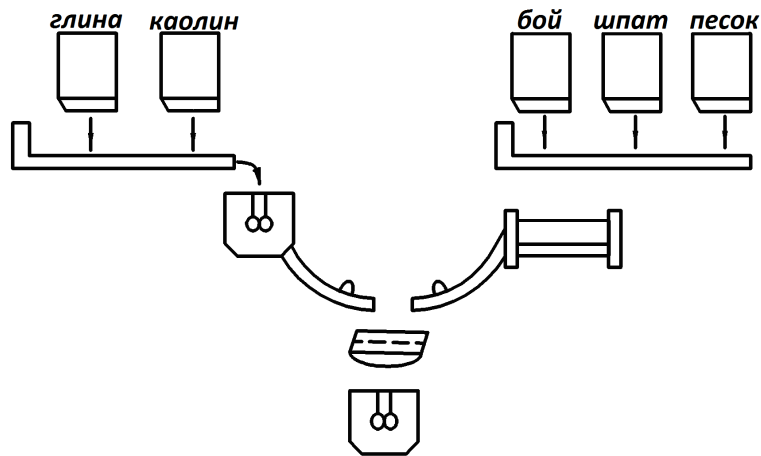


Рисунок 14 — Схема производства тонкокерамических масс шликерным способом

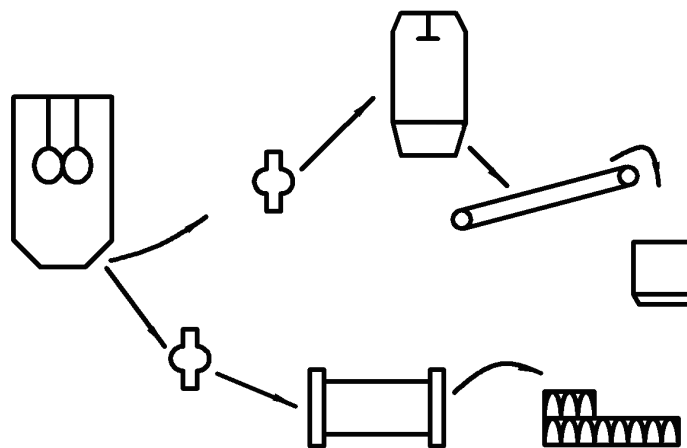


Рисунок 15 — Схема производства тонкокерамических масс для пластичного формования и полусухого прессования

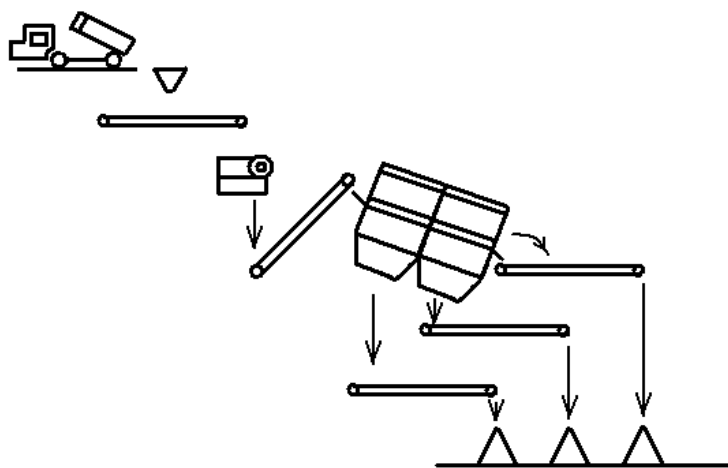


Рисунок 16 — Схема производства щебня по открытому циклу

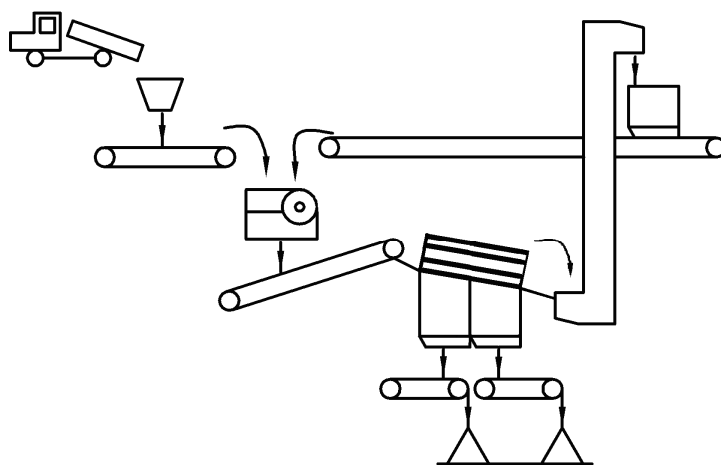


Рисунок 17 — Одностадийная схема производства щебня по закрытому циклу

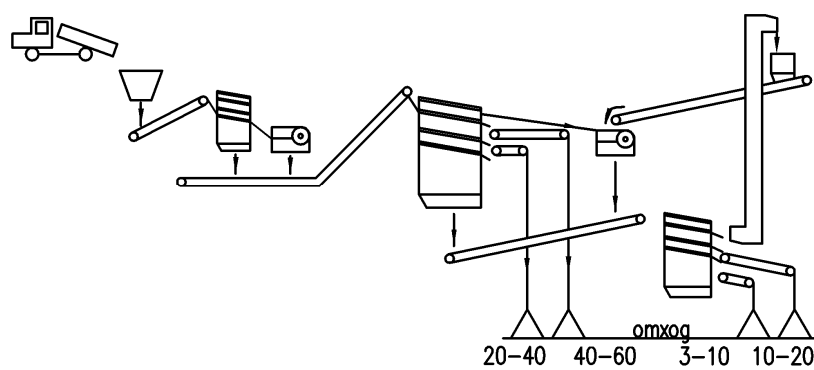


Рисунок 18 — Двухстадийная схема производства щебня по закрытому циклу

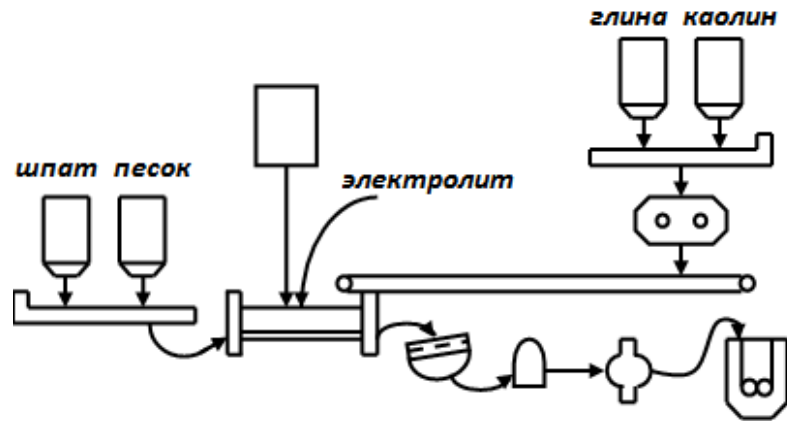


Рисунок 19 — Схема производства литейных шликеров беспрессовым способом

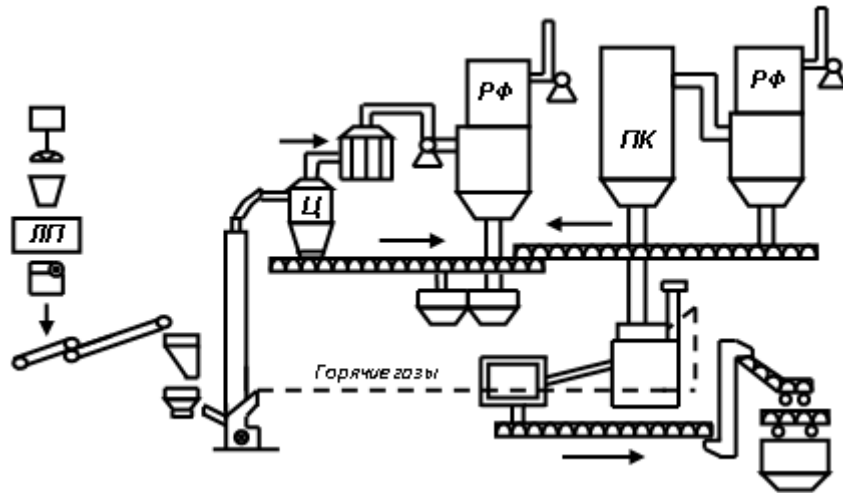


Рисунок 20 — Схема производства гипса в гипсоварных котлах

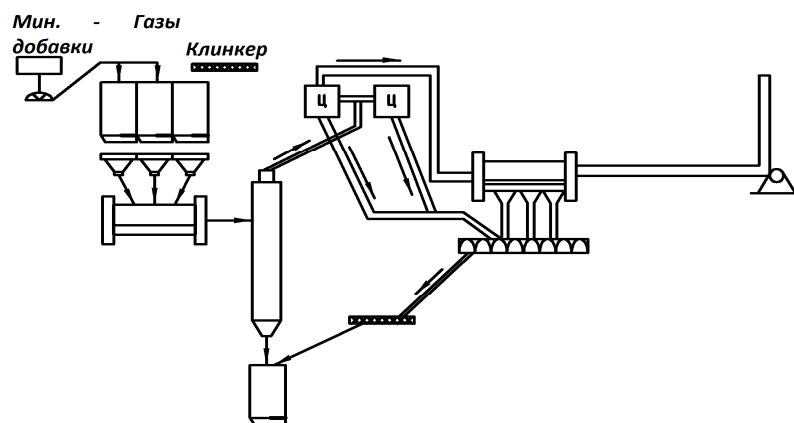


Рисунок 21 — Схема помола портландцемента по открытому циклу

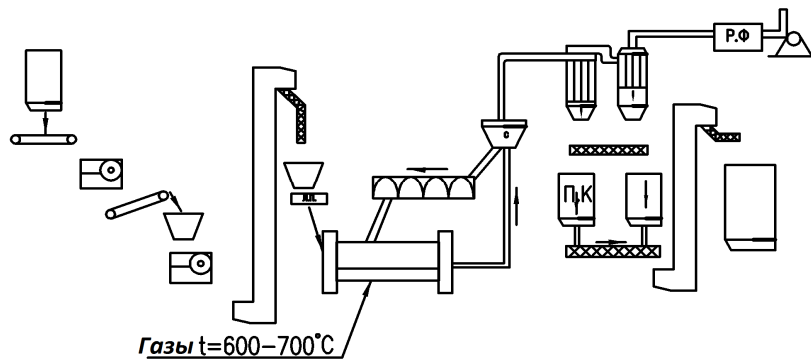


Рисунок 22 — Схема общего помола и обжига гипса

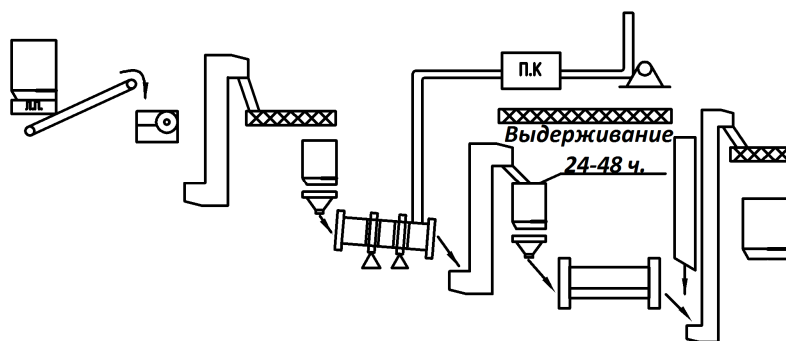


Рисунок 23 — Схема производства строительного гипса с обжигом во вращающейся печи

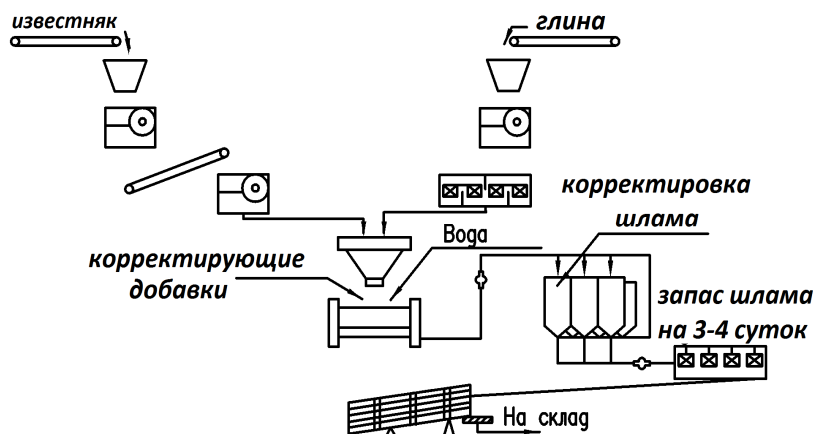


Рисунок 24 — Схема производства портландцемента мокрым способом

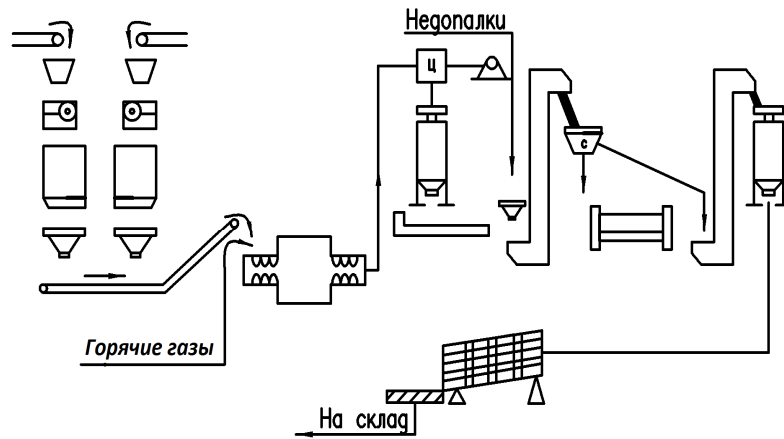


Рисунок 25 — Схема производства портландцемента сухим способом

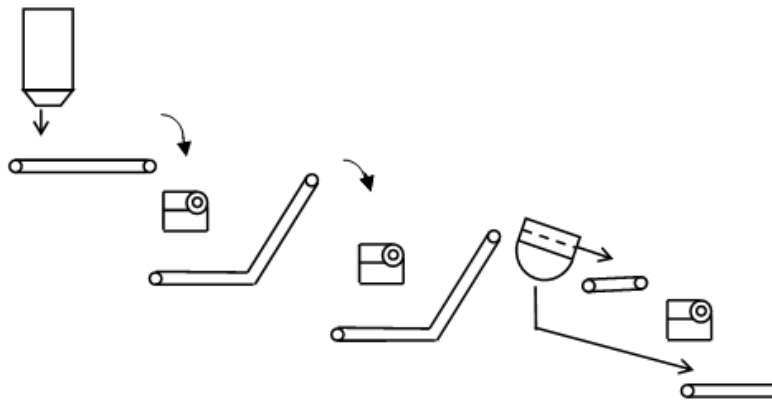


Рисунок 26 — Схема трехстадийного дробления известковых материалов высокой и средней плотности

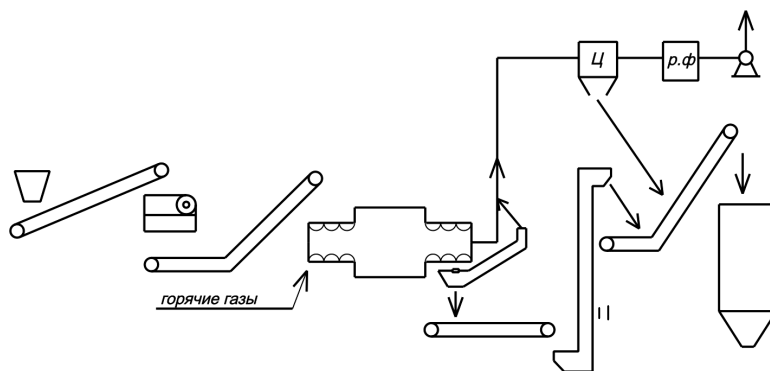


Рисунок 27 — Схема сухого дробления сырьевых материалов, используемых в цементном производстве

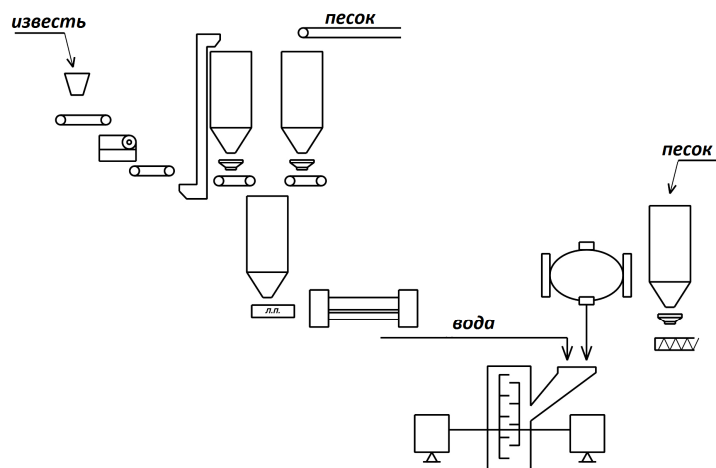


Рисунок 28 — Схема производства силикатного бетона дезинтеграторным способом из комовой извести

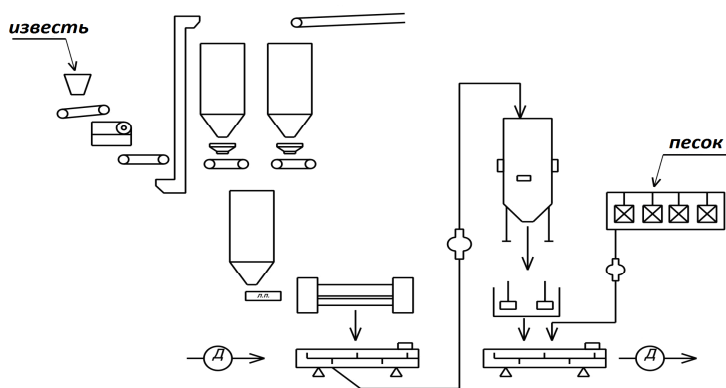


Рисунок 29 — Схема производства силикатных бетонов гидратным способом (силосная схема)

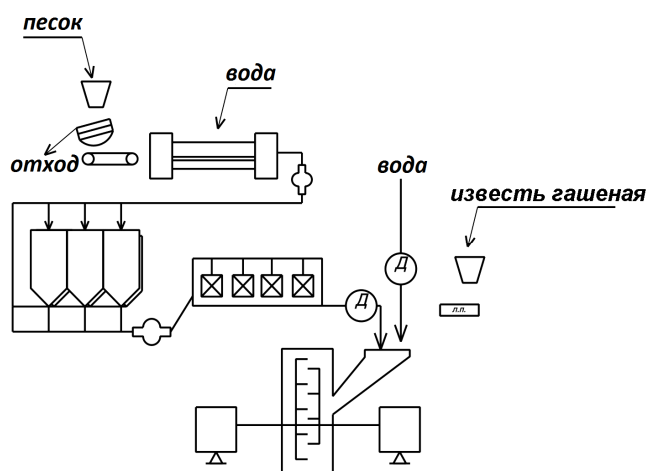


Рисунок 30 — Схема производства силикатных бетонов дезинтеграторным способом из гашеной извести

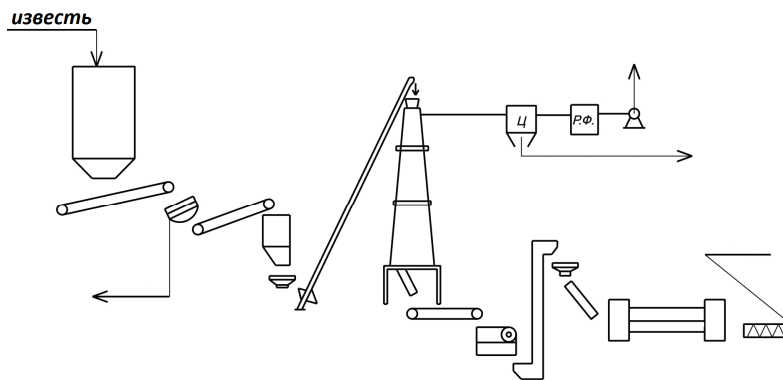


Рисунок 31 — Технологическая линия для производства молотой извести

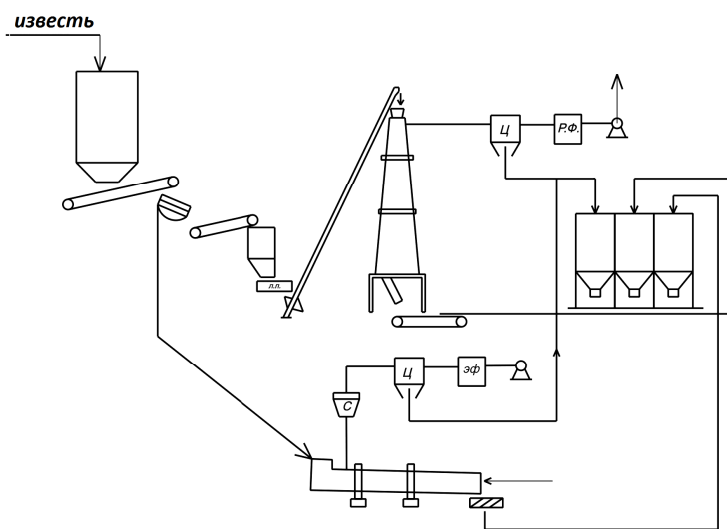


Рисунок 32 — Схема совместного производства крупнокусковой, мелкокусковой извести и известняковой муки

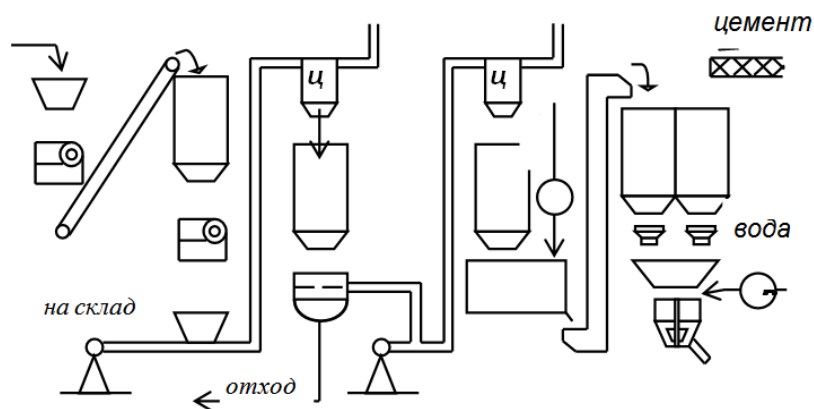


Рисунок 33 — Схема производства арболитовой смеси



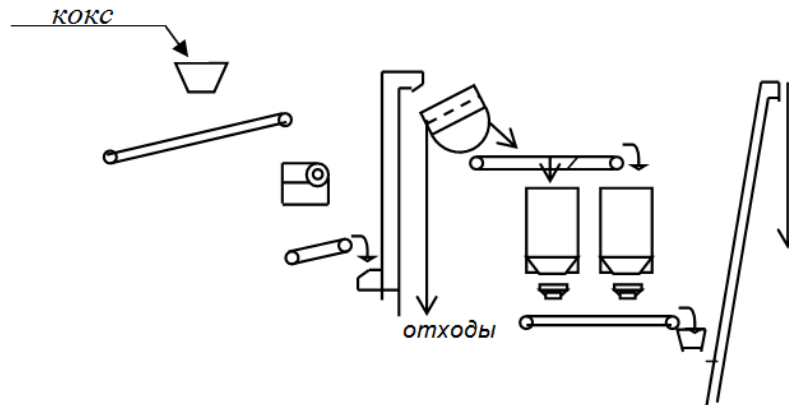


Рисунок 34 — Схема подготовки сырья для производства силикатных смесей

### Контрольные вопросы

1. Какое главное назначение технологических схем предприятий?
2. Какие типы дробилок используются на предприятиях производственной базы строительства?
3. Какие вы знаете схемы компоновки оборудования на предприятиях?
4. Дайте характеристику вертикальной схеме компоновки оборудования.
5. Дайте характеристику горизонтальной схеме компоновки оборудования.
6. Какие вспомогательные транспортные средства используют для подъема сырья?
7. Чем отличается ленточный конвейер от пластинчатого. Область их использования?
8. Типы дозаторов, их назначение.
9. Конструктивно-технологические группы смесителей.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ № 1

1. Выбрать исходные данные к расчету по таблице 1 согласно заданному варианту.

2. Начертить схему для определения производительности щековой дробилки (см. рис. 2) и проставить все размеры в мм в соответствии с вариантом.

3. Формула (1) для определения общей производственной мощности предприятия, приведена в задании как фрагмент теоретического материала по данной теме (при решении задания не используется).

4. Задание начинаем выполнять с расчета производственной мощности карьера по формуле (2). Принимаем  $n_1$  от 1 до 3,  $k_{вых} = 0,85 - 0,9$ .

5. В формуле (2) первым показателем является годовой плановый фонд времени работы дробилок. Рассчитывается он по формуле 4 и зависит от режимного фонда времени работы предприятия, которое определяется по формуле (3). Данная формула также приведена, как фрагмент теоретического материала по данной теме. В таблице 2 представлены данные по годовому режимному фонду работы предприятий в зависимости от их сменности. Именно по этой таблице необходимо конструктивно задаться  $T_{реж}$ . Планово-предупредительный ремонт оборудования рекомендуется выполнять в первую смену, что связано с ограниченным количеством обслуживающего персонала.

6. Следующий показатель в формуле (2) — часовая производительность дробилки, которая определяется по формуле (5).

7. Производительность дробилки зависит от следующих параметров:  
– объема призмы выпадения материала, который рассчитывается по формуле (6). Для определения  $h$  необходимо рассмотреть прямоугольный треугольник, одна сторона которого  $S$ . Зная угол наклона подвижной щеки, можно определить по правилам тригонометрии второй катет  $h$ ;

– частота вращения эксцентрикового вала подбирается так, чтобы за период отхода подвижной щеки материал имел возможность высыпаться из выходной щели. Для обеспечения наибольшей производительности дробилки необходимо, чтобы время падения материала  $t_1$  заканчивалось за время отхода подвижной щеки  $t_2$  ( $t_1 = t_2$ ).

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

При свободном падении материала скорость падения определяется по формуле:

$$v = g \cdot t_1,$$

где  $g$  — ускорение силы притяжения.

Путь  $h$ , который материал «проходит», рассчитывается по формуле:

$$h = \frac{v \cdot t_1}{2} = \frac{g \cdot t_1^2}{2},$$

значит,  $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ .

Время отхода подвижной щеки в секундах:

$$t_2 = \frac{60}{2n},$$

где  $n$  — число качаний подвижной щеки в мин.

Принимаем в знаменателе коэффициент 2, поскольку за одно вращение вал осуществляет два качания (вправо и влево). Следовательно:

$$\sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{60}{2n}.$$

Определим  $h$  через ход подвижной щеки и угол ее наклона:

$$h = \frac{s}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$$\sqrt{\frac{2s}{\operatorname{tg} \alpha \cdot 9,81}} = \frac{60}{2n};$$

$$n = 66,4 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{s}}.$$

В действительности свободного падения материала не существует, поскольку преобладают силы трения, и это увеличивает длительность падения. Следовательно, частота вращения эксцентрикового вала уменьшается на 5–10 % и окончательно рассчитывается по формуле:

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

$$n = 60 \dots 63 \sqrt{\frac{tg\alpha}{s}}.$$

Для определения стадии дробления материала воспользуемся формулами (8) и (9) и рассчитаем  $D_{max}$  и  $d_{max}$ . Однако не всегда расчетные значения  $D_{max}$  и  $d_{max}$  идеально будут подходить значениям, которые рекомендованы в таблице 3, поэтому необходимо задаться стадией дробления конструктивно. Так, например, если  $D_{max} = 900$  мм,  $d_{max} = 90$  мм — дробление ближе к крупному;  $D_{max} = 60$  мм,  $d_{max} = 35$  мм — дробление ближе к мелкому.

Зная степень дробления материала, по рекомендациям приведенным после формулы (5), определяем методом интерполяции коэффициент  $\mu$ .

8. Приступая к выполнению дополнительного задания, необходимо внимательно рассмотреть схему, представленную на рисунке 1.

9. Ширину ленты транспортера определяем для сортового материала по формулам (10), (11), для рядового — (10), (12).

10. Принимаем стандартную ширину ленты конвейера по рекомендациям, приведенным в задании.

11. В соответствии со стандартной шириной ленты корректируется скорость движения конвейера, при этом за неизвестное значение в формуле (10) принять скорость движения ленты  $v$ .

12. Значение  $B_k$  принять в соответствии со стандартом, округляя полученный результат в большую сторону.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ОТПРАВНОЙ ПРОГРАММЫ ДИАГОНАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Исходные данные к расчету:

1) потребители и количество необходимой продукции (спрос):  
 $A_1 = 25$  тыс. т;  $A_2 = 35$  тыс. т;  $A_3 = 20$  тыс. т;  $A_4 = 16$  тыс. т;

2) заводы-поставщики и их мощность (объем производства):  
 $B_1 = 12$  тыс. т;  $B_2 = 18$  тыс. т;  $B_3 = 20$  тыс. т;  $B_4 = 24$  тыс. т;  
 $B_5 = 11$  тыс. т;

3) стоимость перевозки одной тонны продукции — см. таблицу 5.

#### Порядок расчета

1. Определение условий сбалансированности (см. формулу (13)):

$$\sum A = 25 + 35 + 20 + 16 = 96 \text{ тыс. т;}$$

$$\sum B = 12 + 18 + 20 + 24 + 11 = 85 \text{ тыс. т;}$$

$$\sum A \neq \sum B.$$

По формуле (14) определяем спрос условного потребителя  $\Phi$ :

$$\Phi = \sum A - \sum B = 96 - 85 = 11 \text{ тыс. т.}$$

2. Определение необходимого количества перевозок  $N$  по формуле (15):

$$N_n = m + n - 1 = 9.$$

Следовательно, в опорном плане должно быть загружено 9 клеток, иначе он будет вырожден и задача не будет иметь решения.

3. Построение матрицы опорного плана:

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1    2,3	2    2,6	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7	9    3,2	10   3,9	11   4,6	12   10
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5	17   3,6	18   10
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4	24   10

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Количество столбцов матрицы равно количеству потребителей с учетом фиктивного. Количество строк отвечает количеству заводов-поставщиков.

В левом верхнем углу каждой полученной клетки ставим ее адрес (порядковый номер клетки). В правом верхнем углу записываем стоимость перевозки.

4. Поэтапное заполнение опорного плана диагональным методом:

*1 этап*

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6	3      2,9	4      3,3	5      3,7	6      10
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7	9      3,2	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4	15     4,1	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7	21     4,5	22     5,4	23     6,4	24     10

При заполнении матрицы в клетках проставляется количество единиц продукции (объем). Суммарное значение единиц продукции по столбцам должно полностью обеспечивать спрос потребителя. Объем продукции по строкам должен отображать возможности заводов-поставщиков в обеспечении потребителей, а сумма единиц продукции по строкам — общую мощность заводов-поставщиков.

Матрицу заполняем постепенно с левого верхнего угла до правого нижнего угла (по диагонали).

В нашем примере проставляем цифру 12 в клетке 1, потому что это необходимое количество продукции для потребителя  $B_1$ .

Поскольку потребитель  $B_1$  обеспечен продукцией полностью от завода-поставщика  $A_1$ , ставим прочерки в клетках 7, 13, 19 и первый столбец в дальнейшем не рассматривается.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

2 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7	9      3,2	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4	15     4,1	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7	21     4,5	22     5,4	23     6,4	24     10

Для обеспечения потребителя  $B_2$  от завода-поставщика  $A_1$  мы можем взять только 13 единиц продукции, поэтому ставим цифру 13 в клетке 2.

Прочерки в клетках 3, 4, 5, 6 говорят о том, что завод-поставщик  $A_1$  полностью реализовал свою продукцию, следовательно, при дальнейшем заполнении опорного плана эти клетки дальше не рассматриваются.

3 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7 5	9      3,2	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5	22     5,4	23     6,4	24     10

Далее, для обеспечения продукцией потребителя  $B_2$ , проставляем цифру 5 в клетку 8.

Ставим прочерки в клетках 14 и 20, потому что потребитель  $B_2$  уже полностью обеспечен продукцией. В дальнейшем эти клетки не рассматриваются.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

4 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7 5	9      3,2 20	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4	23     6,4	24     10

В клетку 9 ставим цифру 20, а в клетках 15 и 21 — прочерки (потому что потребитель  $B_3$  уже полностью обеспечен продукцией).

5 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7 5	9      3,2 20	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4	23     6,4	24     10

Ставим цифру 10 в клетку 10. Поскольку завод-поставщик  $A_2$  полностью реализовал свою продукцию, проставляем прочерки в клетках 11, 12 и дальше их не используем.



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

6 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7 5	9      3,2 20	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 14	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 -	23     6,4	24     10

Ставим цифру 14 в клетке 16, прочерк в клетке 22. Потребитель  $B_4$  полностью обеспечен продукцией.

7 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7 5	9      3,2 20	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 14	17     3,6 6	18     10 -
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 -	23     6,4	24     10

Ставим цифру 6 в клетке 17, прочерк в клетке 18. Завод-поставщик  $A_3$  полностью реализовал свою продукцию.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

8 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7 5	9      3,2 20	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 14	17     3,6 6	18     10 -
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 -	23     6,4 5	24     10 -

Ставим цифру 5 в клетке 23. Потребитель  $B_5$  также полностью обеспечен продукцией.

9 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 12	2      2,6 13	3      2,9 -	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 -	8      2,7 5	9      3,2 20	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 14	17     3,6 6	18     10 -
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 -	23     6,4 5	24     10 11

Проставляем цифру 11 в клетку 24. Завод-поставщик  $A_4$  также полностью реализовал свою продукцию.

Загружено 9 клеток (1, 2, 8, 9, 10, 16, 17, 23, 24), следовательно, опорный план не является вырожденным и не требует заполнения дополнительной клетки нулевой поставкой.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

5. Заполнение дополнительной клетки нулевой поставкой, если отправная программа является вырожденной

### *Отправная программа*

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$
$A_1$	■	■				
$A_2$		■	■			
$A_3$				■	■	
$A_4$					■	■

■ — загруженные клетки

Необходимое количество перевозок:

$$N = 4 + 5 = 9.$$

Количество перевозок при заполнении отправной программы — 8.

Рассмотрим варианты исключения вырожденности опорного плана. По первому условию, нулевой поставкой заполняется клетка, прилегающая к загруженной клетке, в которой полностью реализована мощность завода-поставщика.

### *Первый вариант корректировки вырожденного опорного плана*

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$
$A_1$	■	■	0			
$A_2$		■	■			
$A_3$				■	■	
$A_4$					■	■

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

*Второй вариант корректировки вырожденного опорного плана*

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$
$A_1$	■	■				
$A_2$		■	■	0		
$A_3$				■	■	
$A_4$					■	■

*Третий вариант корректировки вырожденного опорного плана*

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$
$A_1$	■	■				
$A_2$		■	■			
$A_3$				■	■	0
$A_4$					■	■

Следовательно, мы имеем 3 варианта опорного плана.

По второму условию загружается клетка с учетом необходимости сохранения ступенчатого хода по загруженным клеткам. Рассмотрим, как выполняется это условие в каждом из предложенных вариантов опорного плана.

*Первый вариант корректировки вырожденного опорного плана*

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$
$A_1$	■	■	0			
$A_2$		■	■			
$A_3$				■	■	
$A_4$					■	■

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Первый вариант программы не позволяет учесть ступенчатый ход загруженных клеток. Следовательно, он недопустим.

*Второй вариант корректировки вырожденного опорного плана*

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$
$A_1$	■ —	■				
$A_2$		■ —	■ —	0		
$A_3$				■ —	■	
$A_4$					■ —	■

Ступенчатый ход по загруженным клеткам сохраняется. Следовательно, этот вариант отвечает всем требованиям по включению в отправную программу нулевой поставки.

*Третий вариант корректировки вырожденного опорного плана*

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$
$A_1$	■ —	■				
$A_2$		■ —	■			
$A_3$				■ —	■ —	0
$A_4$					■ —	■

Данный вариант не учитывает ступенчатый ход загруженных клеток.

Как видим, соблюдение первого и второго условий по введению нулевой поставки, возможно лишь во 2-ом варианте корректировки вырожденного опорного плана.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ОТПРАВНОЙ ПРОГРАММЫ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ (НАИБОЛЬШИХ) ЗНАЧЕНИЙ

Исходные данные к расчету — см. приложение Б.

#### Порядок расчета

1. Определение условий сбалансированности — см. приложение Б.
2. Определение необходимого количества перевозок — см. приложение Б.
3. Построение матрицы опорного плана — см. приложение Б.
4. Поэтапное заполнение опорного плана методом наименьших значений.

В данном случае задание предусматривает определение минимальной стоимости перевозок, следовательно, задача на минимум.

#### *1 этап*

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6	3      2,9	4      3,3	5      3,7	6      10
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7	9      3,2	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4	15     4,1	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7	21     4,5	22     5,4	23     6,4	24     10

Находим клетку (кл. 7) с минимальной стоимостью перевозок и загружаем в нее максимально возможную поставку.

Клетки 1, 13, 19 — дальше не рассматриваются, поскольку, потребитель  $B_1$  получил необходимый объем продукции.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

2 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9	4      3,3	5      3,7	6      10
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5	22     5,4	23     6,4	24     10

На остальном поле матрицы, находим клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 2) и загружаем ее максимальным спросом.

Клетки 8, 14, 20 дальше не рассматриваются, так как потребитель  $B_2$  получил необходимый объем продукции.

3 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9 7	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5	22     5,4	23     6,4	24     10

Оставшееся поле матрицы — клетки 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24. Находим клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 3) и загружаем ее необходимым спросом.

Клетки 4, 5, 6 дальше не рассматриваются, так как завод-поставщик  $A_1$  полностью реализовал свою продукцию.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

4 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9 7	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2 13	10     3,9	11     4,6	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5	17     3,6	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4	23     6,4	24     10

Оставшееся поле — клетки 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24. Загружаем одну из этих клеток с минимальной стоимостью перевозок (клетка 9) максимальным объемом поставки.

Клетки 15, 21 — дальше не рассматриваются, так как потребитель  $B_3$  полностью обеспечен продукцией.

5 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9 7	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2 13	10     3,9	11     4,6 -	12     10
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5	17     3,6 11	18     10
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4	23     6,4 -	24     10

Оставшееся поле — клетки 10, 11, 12, 16, 17, 18, 22, 23, 24. Находим клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 17) и заполняем ее максимальным объемом.

Клетки 11, 23 дальше не учитываются, так как потребитель  $B_5$  обеспечен продукцией.



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

6 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9 7	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2 13	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 -	17     3,6 11	18     10 -
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 -	23     6,4 -	24     10 -

Оставшиеся клетки — 10, 12, 16, 18, 22, 24. Находим клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 10) и загружаем ее.

Клетки 11, 12 дальше не рассматриваются (прочерки в середине клетки), так как завод-поставщик  $A_2$  полностью реализовал свою продукцию.

7 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9 7	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2 13	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 9	17     3,6 11	18     10 -
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 -	23     6,4 -	24     10 -

Находим среди оставшихся клеток 16, 18, 22, 24 клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 16) и заполняем ее максимальным объемом.

Клетка 18 дальше не рассматривается, так как завод  $A_3$  полностью реализовал свою продукцию.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

8 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9 7	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2 13	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 9	17     3,6 11	18     10 -
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 5	23     6,4 -	24     10 -

Среди оставшихся клеток 22 и 24 находим клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 22) и заполняем ее максимально.

9 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1      2,3 -	2      2,6 18	3      2,9 7	4      3,3 -	5      3,7 -	6      10 -
$A_2 = 35$	7      2,0 12	8      2,7 -	9      3,2 13	10     3,9 10	11     4,6 -	12     10 -
$A_3 = 20$	13     2,7 -	14     3,4 -	15     4,1 -	16     5 9	17     3,6 11	18     10 -
$A_4 = 16$	19     3,0 -	20     3,7 -	21     4,5 -	22     5,4 5	23     6,4 -	24     10 11

Для окончательного заполнения опорного плана загружаем оставшуюся клетку (кл. 24).

Заполнено 9 клеток, следовательно, план не является вырожденным и не требует заполнения какой-то из клеток нулевой поставкой. Если при решении задачи количество загруженных клеток меньше количества перевозок, то нулевой поставкой заполняются те клетки (или клетка), для которых невозможно рассчитать потенциалы.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

Пример введения в опорный план нулевой поставки, для исключения его вырожденности, приведен ниже. Стрелками на опорном плане показана последовательность расчета потенциалов. Алгоритм расчета представлен в приложении Д.

### Пример загрузки клеток

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	
$A_3$	13	14	15	16 ■	17	18	
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$							

■ — загруженные клетки

Согласно формулы 15 количество перевозок должно быть:

$$N_n = 4 + 6 - 1 = 9$$

В нашем примере  $N_n = 8$ , потому что на опорном плане загружено 8 клеток. Следовательно, необходима нулевая поставка.

### Этапы определения загрузки клетки нулевой поставкой

#### 1 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	
$A_3$	13	14	15	16 ■	17	18	
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$	$v_1$						

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

2 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	
$A_3$	13	14	15	16 ■	17	18	
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$	$v_1$	$v_2$					

3 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	
$A_3$	13	14	15	16 ■	17	18	
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$	$v_1$	$v_2$	$v_3$				

4 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	
$A_3$	13	14	15	16 ■	17	18	
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$	$v_1$	$v_2$	$v_3$			$v_6$	

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

5 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	$u_2$
$A_3$	13	14	15	16 ■	17	18	
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$	$v_1$	$v_2$	$v_3$			$v_6$	

После 5-го этапа, если мы не загрузим нулевой поставкой клетку 15 — дальнейшее решение задачи невозможно.

6 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	$u_2$
$A_3$	13	14	15 0	16 ■	17	18	$u_3$
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$	$v_1$	$v_2$	$v_3$			$v_6$	

7 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	$u_2$
$A_3$	13	14	15 0	16 ■	17	18	$u_3$
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	
$v_j$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$		$v_6$	

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

8 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	$u_2$
$A_3$	13	14	15 0	16 ■	17	18	$u_3$
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	$u_4$
$v_j$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$		$v_6$	

9 этап

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Phi$	$u_i$
$A_1$	1 ■	2 ■	3 ■	4	5	6 ■	$u_1 = 0$
$A_2$	7	8	9 ■	10	11	12	$u_2$
$A_3$	13	14	15 0	16 ■	17	18	$u_3$
$A_4$	19	20	21	22 ■	23 ■	24	$u_4$
$v_j$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ОТПРАВНОЙ ПРОГРАММЫ МЕТОДОМ ДВОЙНОГО ПРЕДПОЧТЕНИЯ

Исходные данные к расчету — см. приложение Б.

#### Порядок расчета

1. Определение условий сбалансированности — см. приложение Б.
2. Определение необходимого количества перевозок — см. приложение Б.
3. Составление опорного плана — см. приложение Б.
4. Поэтапное заполнение опорного плана методом двойного предпочтения

В данном случае задание предполагает определение минимальной стоимости перевозок.

#### *Поиск клеток с минимальной стоимостью перевозок*

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1    2,3 +	2    2,6 +	3    2,9 +	4    3,3 +	5    3,7	6    10
$A_2 = 35$	7    2,0 ++	8    2,7	9    3,2	10   3,9	11   4,6	12   10
$A_3 = 20$	13   2,7 +	14   3,4	15   4,1	16   5	17   3,6 +	18   10
$A_4 = 16$	19   3,0 +	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4	24   10

Находим в каждой строке клетку с минимальной стоимостью перевозок и в левом нижнем углу этой клетки ставим плюс (+). В каждом столбце также определяем клетку с минимальной стоимостью перевозок и в левом нижнем углу этой клетки ставим плюс (+).

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

1 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1    2,3 + -	2    2,6 +	3    2,9 +	4    3,3 +	5    3,7	6    10
$A_2 = 35$	7    2,0 12 ++	8    2,7	9    3,2	10   3,9	11   4,6	12   10
$A_3 = 20$	13   2,7 + -	14   3,4	15   4,1	16   5	17   3,6 +	18   10
$A_4 = 16$	19   3,0 + -	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4	24   10

В клетке 7 — два плюса, следовательно, заполнение опорного плана начинается с ее загрузки максимальной поставкой (12). Клетки 1, 13, 19 дальше не рассматриваются, так как потребитель  $B_1$  получил необходимый объем продукции. Ставим в них прочерки.

Больше клеток с двумя плюсами (++) нет. На оставшемся поле, находим клетки с одним плюсом (+) и заполняем их максимальным объемом поставки.

2 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1    2,3 + -	2    2,6 + 18	3    2,9 +	4    3,3 +	5    3,7	6    10
$A_2 = 35$	7    2,0 12 ++	8    2,7 -	9    3,2	10   3,9	11   4,6	12   10
$A_3 = 20$	13   2,7 + -	14   3,4 -	15   4,1	16   5	17   3,6 +	18   10
$A_4 = 16$	19   3,0 + -	20   3,7 -	21   4,5	22   5,4	23   6,4	24   10

Находим среди клеток с плюсами клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 2) и загружаем ее максимально.

Клетки 8, 14, 20 в дальнейшем не рассматриваются, поскольку потребитель  $B_2$  получил необходимый объем продукции.



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

3 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1 2,3 + -	2 2,6 + 18	3 2,9 7 +	4 3,3 +	5 3,7 -	6 10 -
$A_2 = 35$	7 2,0 12 ++	8 2,7 -	9 3,2	10 3,9	11 4,6	12 10
$A_3 = 20$	13 2,7 + -	14 3,4 -	15 4,1	16 5	17 3,6 +	18 10
$A_4 = 16$	19 3,0 + -	20 3,7 -	21 4,5	22 5,4	23 6,4	24 10

Находим среди клеток с плюсами клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 3) и загружаем ее максимально.

Клетки 5, 6 далее не рассматриваются, так как завод-поставщик  $A_1$  реализовал свою продукцию.

4 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1 2,3 + -	2 2,6 + 18	3 2,9 7 +	4 3,3 +	5 3,7 -	6 10 -
$A_2 = 35$	7 2,0 12 ++	8 2,7 -	9 3,2	10 3,9	11 4,6 -	12 10
$A_3 = 20$	13 2,7 + -	14 3,4 -	15 4,1	16 5	17 3,6 11+	18 10
$A_4 = 16$	19 3,0 + -	20 3,7 -	21 4,5	22 5,4	23 6,4 -	24 10

Находим среди клеток с плюсами клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 17) и загружаем ее максимально.

Клетки 11, 23 далее не рассматриваются, поскольку потребитель  $B_5$  получил необходимое количество продукции.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

5 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1 2,3 + -	2 2,6 + 18	3 2,9 7 +	4 3,3 +	5 3,7 -	6 10 -
$A_2 = 35$	7 2,0 12 ++	8 2,7 -	9 3,2 13	10 3,9	11 4,6 -	12 10
$A_3 = 20$	13 2,7 + -	14 3,4 -	15 4,1 -	16 5	17 3,6 11+	18 10
$A_4 = 16$	19 3,0 + -	20 3,7 -	21 4,5 -	22 5,4	23 6,4 -	24 10

Так как клеток с плюсами (+) больше нет, оставшиеся клетки рассматриваем по методу наименьших значений. Находим клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 9) и загружаем ее максимальным объемом.

Клетки 15, 21 далее не рассматриваются, поскольку потребитель  $B_3$  полностью реализовал свои потребности.

6 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1 2,3 + -	2 2,6 + 18	3 2,9 + 7	4 3,3 + -	5 3,7 -	6 10 -
$A_2 = 35$	7 2,0 12 ++	8 2,7 -	9 3,2 13	10 3,9 10	11 4,6 -	12 10 -
$A_3 = 20$	13 2,7 + -	14 3,4 -	15 4,1 -	16 5	17 3,6 + 11	18 10
$A_4 = 16$	19 3,0 + -	20 3,7 -	21 4,5 -	22 5,4	23 6,4 -	24 10

Оставшееся поле — клетки 10, 12, 16, 18, 22, 24. Загружаем клетку с минимальной стоимостью перевозок (кл. 10) максимальным объемом.

Клетки 11, 12 дальше не рассматриваются, так как завод-поставщик  $A_2$  полностью реализовал свою продукцию.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

7 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1    2,3 + -	2    2,6 + 18	3    2,9 + 7	4    3,3 + -	5    3,7 -	6    10 -
$A_2 = 35$	7    2,0 12 ++	8    2,7 -	9    3,2 13	10   3,9 10	11   4,6 -	12   10 -
$A_3 = 20$	13   2,7 + -	14   3,4 -	15   4,1 -	16   5 9	17   3,6 + 11	18   10 -
$A_4 = 16$	19   3,0 + -	20   3,7 -	21   4,5 -	22   5,4 5	23   6,4 -	24   10

В оставшемся поле (кл. 22, 24) также загружается клетка с минимальной стоимостью перевозок (кл. 22) максимальным объемом.

8 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$
$A_1 = 25$	1    2,3 + -	2    2,6 + 18	3    2,9 + 7	4    3,3 + -	5    3,7 -	6    10 -
$A_2 = 35$	7    2,0 12 ++	8    2,7 -	9    3,2 13	10   3,9 10	11   4,6 -	12   10 -
$A_3 = 20$	13   2,7 + -	14   3,4 -	15   4,1 -	16   5 9	17   3,6 + 11	18   10 -
$A_4 = 16$	19   3,0 + -	20   3,7 -	21   4,5 -	22   5,4 5	23   6,4 -	24   10 11

Осталась клетка 24, которую заполняем необходимым спросом.

Заполнено 9 клеток, следовательно, план не является вырожденным. Если при решении задачи количество загруженных клеток меньше количества перевозок, то нулевой поставкой заполняются те клетки (или клетка), для которых невозможно рассчитать потенциалы (см. приложение В).

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### ПРИМЕР РАСЧЕТА ОПОРНОГО ПЛАНА МЕТОДОМ ПОТЕНЦИАЛОВ

Исходные данные к расчету — см. приложение Б.

Для примера используется опорный план, представленный в прил. Б.

Поэтапный расчет потенциалов по опорному плану производится по формулам 19, 20.

#### 1 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	
$v_j$	$v_1 = 2,3$						

На первом этапе принимаем  $u_1 = 0$ .

Потенциалы рассчитывают по загруженным клеткам, поэтому начинаем расчет с клетки 1:  $v_1 = 2,3 + 0 = 2,3$ .

#### 2 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$					

$v_2 = 2,6 + 0 = 2,6$  (расчет ведется по загруженной клетке 2).

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Д

3 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$					

$u_2 = 2,6 - 2,7 = -0,1$  (расчет ведется по загруженной клетке 8).

4 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$				

$v_3 = 3,2 + (-0,1) = 3,1$  (расчет ведется по загруженной клетке 9).

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Д

5 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$			

$v_4 = 3,9 + (-0,1) = 3,8$  (расчет ведется по загруженной клетке 10).

6 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$			

$u_3 = 3,8 - 5 = -1,2$  (расчет ведем по загруженной клетке 16).

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Д

7 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$		

$v_5 = 3,6 + (-1,2) = 2,4$  (расчет по клетке 17).

8 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	$u_4 = -4$
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$		

$u_4 = 2,4 - 6,4 = -4$  (расчет по клетке 23).

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Д

9 этап

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7	14   3,4	15   4,1	16   5 14	17   3,6 6	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19   3,0	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5	24   10 11	$u_4 = -4$
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$	$v_6 = 6$	

$v_6 = 10 + (-4) = 6$  (расчет по клетке 24).



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### ПРИМЕР ПРОВЕРКИ ПЛАНА НА ОПТИМАЛЬНОСТЬ

Исходные данные к расчету в приложении Б.

Для примера берем опорный план, который рассчитан в приложении Д (первый этап решения задачи).

*Опорный план*

$\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9 (0,2)	4    3,3 (0,5)	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0 (0,4)	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7 (0,8)	14   3,4 (0,4)	15   4,1 (0,2)	16   5 14	17   3,6 6	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19   3,0 (3,3)	20   3,7 (2,9)	21   4,5 (2,6)	22   5,4 (2,4)	23   6,4 5	24   10 11	$u_4 = -4$
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$	$v_6 = 6$	

Проверяем все незагруженные клетки по условию оптимальности (см. формулу 18).

Клетка 3:  $3,1 - 0 = 3,1 > 2,9$  — условие не выполняется.

Клетка 4:  $3,8 - 0 = 3,8 > 3,3$  — условие не выполняется.

Клетка 5:  $2,4 - 0 = 2,4 < 3,7$  — условие выполняется.

Клетка 6:  $6,0 - 0 = 6,0 < 10$  — условие выполняется.

Клетка 7:  $2,3 - (-0,1) = 2,4 > 2,0$  — условие не выполняется.

Клетка 11:  $2,4 - (-0,1) = 2,4 < 10$  — условие выполняется.

Клетка 12:  $6,0 - (-0,1) = 6,1 < 10$  — условие выполняется.

Клетка 13:  $2,3 - (-1,2) = 3,5 > 2,7$  — условие не выполняется.

Клетка 14:  $2,4 + 1,2 = 3,6 > 3,4$  — условие не выполняется.

Клетка 15:  $3,1 + 1,2 = 4,3 > 4,1$  — условие не выполняется.

Клетка 18:  $6,0 + 1,2 = 7,2 < 10$  — условие выполняется.

Клетка 19:  $2,3 + 4,0 = 6,3 > 3,0$  — условие не выполняется.

Клетка 20:  $2,6 + 4 = 6,6 > 3,7$  — условие не выполняется.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

Клетка 21:  $3,1 + 4,0 = 7,1 > 4,5$  — условие не выполняется.

Клетка 22:  $3,8 + 4,0 = 7,8 > 5,4$  — условие не выполняется.

Для клеток, в которых не выполняется условие оптимальности, необходимо определить разницу  $d_{ij}$  (см. формулу 21):

$$d_3 = 3,1 - 0 - 2,9 = 0,2 \text{ (клетка 3),}$$

$$d_4 = 3,8 - 0 - 3,3 = 0,5 \text{ (клетка 4),}$$

$$d_7 = 2,3 - (-0,1) - 2 = 0,4 \text{ (клетка 7),}$$

$$d_{13} = 2,3 - (-1,2) - 2,7 = 0,8 \text{ (клетка 13),}$$

$$d_{14} = 2,6 - (-1,2) - 3,4 = 0,4 \text{ (клетка 14),}$$

$$d_{15} = 3,1 - (-1,2) - 4,1 = 0,2 \text{ (клетка 15),}$$

$$d_{19} = 2,3 - (-4) - 3,0 = 3,3 \text{ (клетка 19),}$$

$$d_{20} = 2,6 - (-4) - 3,7 = 2,9 \text{ (клетка 20),}$$

$$d_{21} = 3,1 - (-4) - 4,5 = 2,6 \text{ (клетка 21),}$$

$$d_{22} = 3,8 - (-4) - 5,4 = 2,4 \text{ (клетка 22).}$$

Наибольшее значение  $d_{ij}$  находится в клетке 19, поэтому она является перспективной и для нее строится контур, необходимый для дальнейшей корректировки опорного плана.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

**ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КОНТУРА ОПОРНОГО ПЛАНА**

При невыполнении условия оптимальности опорный план необходимо откорректировать и построить новый план с помощью контура.

Для примера берется опорный план, приведенный в приложении Е.

*Опорный план*

$j \backslash i$	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9 (0,2)	4    3,3 (0,5)	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0 (0,4)	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7 (0,8)	14   3,4 (0,4)	15   4,1 (0,2)	16   5 14	17   3,6 6	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19   3,0 (3,3)	20   3,7 (2,9)	21   4,5 (2,6)	22   5,4 (2,4)	23   6,4 5	24   10 11	$u_4 = -4$
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$	$v_6 = 6$	

Максимальное значение  $d_{ij}$  в клетке 19. Следовательно, она является перспективной и для нее строится контур.

*Построение контура*

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 12	2    2,6 13	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7    2,0 (0,4)	8    2,7 5	9    3,2 20	10   3,9 10	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13   2,7 (0,8)	14   3,4 (0,4)	15   4,1 (0,2)	16   5 14	17   3,6 6	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19   3,0 (3,3)	20   3,7 (2,9)	21   4,5 (2,6)	22   5,4 (2,4)	23   6,4 5	24   10 11	$u_4 = -4$
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$	$v_6 = 6$	

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

Контур представляет собой замкнутый многоугольник с прямыми углами. Одна из вершин находится в незагруженной клетке 19, которая является перспективной, другие вершины — в загруженных клетках 1, 2, 8, 10, 16, 17, 23.

Пример построения нового опорного плана приведен в приложении К.

## ПРИЛОЖЕНИЕ К

### ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ НОВОГО ОПОРНОГО ПЛАНА

При невыполнении условия оптимальности строится новый опорный план.

*Исходный опорный план*

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1    2,3 -12	2    2,6 13+	3    2,9	4    3,3	5    3,7	6    10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7	8    2,7 5-	9    3,2 20	10   3,9 10+	11   4,6	12   10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13	14   3,4	15   4,1	16   5 14-	17   3,6 6+	18   10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19 +	20   3,7	21   4,5	22   5,4	23   6,4 5-	24   10 11	$u_4 = -4$
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$	$v_6 = 6$	

В новом опорном плане должны быть изменены значения поставки продукции в клетках контура.

В перспективной клетке 19 ставим знак плюс (+), далее производится чередование знаков минус (-) и плюс (+) в вершинах замкнутого многоугольника (клетки 1, 2, 8, 10, 16, 17, 23) согласно рекомендациям по неизменности объемов поставок. Обход контура выполняем по или против часовой стрелки. Находим в клетках со знаком минус (-) минимальное значение поставки. В клетке со знаком плюс (+) это значение добавляется, в клетке со знаком минус (-) — вычитается. В нашем примере минимальное значение поставки в клетках 8, 23 и равно 5. В соответствии с этим, объем поставок в клетках изменится. Следовательно, в клетке 1 поставка будет равна 7, в клетке 2–18, в клетке 8–0, в клетке 10–15, в клетке 16–9, в клетке 17–11, в клетке 23–0.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К

*Новый опорный план*

	$B_1 = 12$	$B_2 = 18$	$B_3 = 20$	$B_4 = 24$	$B_5 = 11$	$\Phi = 11$	$u_i$
$A_1 = 25$	1 2,3 7	2 2,6 18	3 2,9	4 3,3	5 3,7	6 10	$u_1 = 0$
$A_2 = 35$	7 2,0	8 2,7 0	9 3,2 20	10 3,9 15	11 4,6	12 10	$u_2 = -0,1$
$A_3 = 20$	13 2,7	14 3,4	15 4,1	16 5 9	17 3,6 11	18 10	$u_3 = -1,2$
$A_4 = 16$	19 3,0 5	20 3,7	21 4,5	22 5,4	23 6,4 0	24 10 11	$u_4 = -4$
$v_j$	$v_1 = 2,3$	$v_2 = 2,6$	$v_3 = 3,1$	$v_4 = 3,8$	$v_5 = 2,4$	$v_6 = 6$	

В данном случае загружено 10 клеток (необходимое условие для расчета опорного плана — 9 загруженных клеток), потому при дальнейшем расчете потенциалов убирается тот ноль, который не “участвует” в расчете потенциалов (клетка 23).

Сравниваем варианты по суммарной стоимости (см. формулу 16).

По первому варианту:

$$C_0 = 12 \times 2,3 + 13 \times 2,6 + 5 \times 2,7 + 20 \times 3,2 + 10 \times 3,9 + 14 \times 5 + 6 \times 3,6 + 6,4 \times 5 + 10 \times 11 = 411,5 \text{ тыс. у. е.}$$

По второму варианту:

$$C_0 = 7 \times 2,3 + 5 \times 2,7 + 18 \times 2,6 + 20 \times 3,2 + 15 \times 3,9 + 9 \times 5 + 6 \times 3,6 + 5 \times 6,4 + 11 \times 10 = 407,5 \text{ тыс. у. е.}$$

Второй вариант является наиболее оптимальным.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Л

### ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ № 3

Таблица Л.1 — Исходные данные

Годовая производи- тельность, тыс. м <sup>3</sup>	Изготавливаемые конструкции		Внешний транспорт склада	Тип склада заполнителей	Ориентировочная длина склада заполнителей, м
	наимено- вание	кол-во, %			
290	ригели	40	железнодорож- ный	штабельный	140
	плиты	60			

Определяем усредненный расход цемента и заполнителей на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси.

Пользуясь рекомендациями таблицы 9, конструктивно задаемся классом бетона — В30.

Марка цемента определяется по таблице 10 — М400.

Расход цемента для изготовления конструкций определяем по таблице 11 (Ц = 400 кг/м<sup>3</sup>). Норма расхода нефракционных заполнителей устанавливается согласно таблице 12 ( $Z_1 = 0,45 \text{ м}^3$  — песок;  $Z_2 = 0,9 \text{ м}^3$  — щебень).

Выполняем расчет вместимости заводского состава цемента и заполнителей по формулам 22, 23.

Задаемся по таблице 2 режимом работы предприятия. Принимаем следующий вариант — продолжительность смены 7<sup>30</sup> час. (рабочая суббота — 7<sup>30</sup> час.), в данном случае режимный фонд времени работы предприятия составляет  $T = 280$  суток;  $Z_u = 7$  суток;  $Z_z = 7$  суток в случае доставки этих материалов железнодорожным транспортом.

Расчетное количество цемента для определения вместимости склада:

$$N_u = \frac{290000 \cdot 0,4 \cdot 7 \cdot 1,04}{0,9 \cdot 280} = 3351,1, \text{ т}$$

Вместимость склада заполнителей:

$$N_z = N_{zn} + N_{zu};$$

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

$$N_{зн} = \frac{290000 \cdot 0,45 \cdot 7 \cdot 1,04 \cdot 1,05}{0,9 \cdot 280} = 3958,5, \text{ м}^3;$$

$$N_{зщ} = \frac{290000 \cdot 0,9 \cdot 7 \cdot 1,04 \cdot 1,1}{0,9 \cdot 280} = 8294, \text{ м}^3;$$

$$N_3 = 3958,5 + 8294 = 12252,5, \text{ м}^3.$$

Определяем тип хранения и вычисляем площадь склада.

Производим расчет склада цемента.

В настоящее время наиболее распространены на предприятиях силосные склады, поэтому принимаем данный вариант хранения материала.

Определяем емкость одной силосной банки, приняв диаметры кольца силоса  $D = 10$  м и выпускного отверстия  $d = 0,25$  м (см. таблицу 13). Рассчитаем высоту воронки по формуле 25:

$$h_g = 0,5 \cdot 10 \cdot \text{tg}(40^\circ) = 4,2, \text{ м}.$$

Для определения количества цемента  $N_e$  (см. формулу 26), который хранится в одной силосной банке, выбираем по таблице 13 количество емкостей для хранения цемента  $n = 6$ :

$$N_e = \frac{3351,1}{6} = 558,5, \text{ т}.$$

Рассчитаем высоту цилиндрической части силоса  $H$ . Для этого необходимо решить уравнение (27) относительно этой величины:

$$h_u = \frac{\frac{558,5}{0,26} - 0,7 \cdot (10)^2 \cdot 4,2}{1 \cdot (10^2 + 10 \cdot 0,25 + 0,25^2)} = 9,92, \text{ м}.$$

Определяем суммарное значение  $h_u + h_g$ :

$$h_u + h_g = 9,92 + 4,2 = 14,12, \text{ м}.$$

Так как необходимое условие выполняется ( $6 \text{ м} \leq h_u + h_g < 25 \text{ м}$ ), пересчитывать размеры силоса не нужно.

Рассчитываем склады заполнителей.

Доставка заполнителей выполняется железнодорожным транспортом.



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

Согласно задания, склад для хранения заполнителей принят штабельный.

На первом этапе устанавливаем длину штабельного склада, ориентировочное значение которой приведено в таблице 8 (столбец 7),  $L_{o.ш.с.} = 140$  м.

Определяем количество вагонов, которые могут стать вдоль штабельного склада по формуле (36):

$$n = \frac{140 + 0,5}{13,37 + 0,5} = 10,09.$$

Принимаем  $n = 10$ , после этого уточняем длину штабельного склада по формуле (35):

$$L_{p.ф.} = 10 \cdot 13,37 + 0,5 \cdot (10 - 1) = 138,2, \text{ м.}$$

Дальше рассчитываем площадь разреза штабельного склада по формуле (37):

$$F_{ш.с.} = \frac{12252,5}{138,2 \cdot 0,9} = 98,51, \text{ м}^2.$$

Площадь разреза, при условии формирования размера склада в форме равнобедренного треугольника, определяем по формуле (32), приняв  $h_{ш} = 9$  м, угол естественного откоса  $\alpha = 40^\circ$  (см. таблицу 14).

$$F'_{ш.с.} = 9^2 \cdot ctg 40 = 96,53, \text{ м}^2.$$

Сравним  $F_{ш.с.}$  с  $F'_{ш.с.}$ .

В нашем случае  $F_{ш.с.} > F'_{ш.с.}$ , поэтому необходимо принять форму разреза склада в виде разностороннего треугольника. Задавшись максимальным значением  $h_{ш} = 9$  м, определяем необходимый вылет конвейера  $R_i$ , используя формулу 33:

$$R_i = \frac{2 \cdot 98,51 - 9^2 \cdot 1,19 + 1 \cdot 9 \cdot 1,2}{9 \cdot 1,2} = 10,3, \text{ м.}$$

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

Вылет конвейера составил  $R_i = 10,3$  м, что меньше максимального  $R_n = 20$  м (см. таблицу 15), поэтому нет необходимости корректировать длину разгрузочного фронта.

Заполнители со склада подаются в бетоносмесительное отделение по ленточным транспортерам, которые расположены в подштабельной галерее.

Размещаются склады заполнителей около железнодорожных путей, а при использовании автотранспорта в любом удобном месте для складирования.

## ПРИЛОЖЕНИЕ М

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО СИМПЛЕКСНОМУ МЕТОДУ

#### Пример 1.

Исходные данные:

- прибыль по продукции I (оконные блоки) — 4 ед.;
- прибыль по продукции II (дверные полотна) — 5 ед.

Таблица М.1 — Количественная оценка наличия оборудования по группам

Группы оборудования	Количество оборудования в каждой группе	Количество оборудования, которое используется для изготовления 1000 м <sup>2</sup> продукции	
		I	II
А	20	5	0
Б	12	0	4
В	10	1	2
Г	30	3	6

Необходимо рассчитать оптимальную программу цеха для получения максимальной прибыли.

Обозначаем количество продукции первого вида через  $x$ , количество продукции второго вида через  $y$ :

I —  $x$ ;

II —  $y$ .

Неравенства, позволяющие показать возможность использования оборудования:

$$\begin{cases} 5x \leq 20 \\ 4y \leq 12 \\ 1x + 2y \leq 10 \\ 3x + 6y \leq 30 \end{cases}$$

Целевая функция позволяет получить максимальную прибыль:

$$L_{\max} = 4x + 5y.$$

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

Для преобразования неравенств в уравнения добавим к каждому из них какую-то величину  $n$  — дополнительный объем продукции:

$$3x + n_1 = 20;$$

$$4y + n_2 = 12;$$

$$1x + 2y + n_3 = 10;$$

$$3x + 6y + n_4 = 30.$$

Тогда целевая функция прибыли имеет вид:

$$L_{\max} = 4x + 5y + 0n_1 + 0n_2 + 0n_3 + 0n_4 = \max.$$

Составим отправную программу, исходя из условия использования существующего оборудования исключительно на выпуск условной (номинальной) продукции.

Таблица М.2 — Производственная мощность цеха по выпуску номинальной продукции

Группы оборудования, количество	Номинальная выпускаемая продукция			
	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
А=18	1	0	0	0
Б=3	0	1	0	0
В=9	0	0	1	0
Г=18	0	0	0	1
Прибыль, $L_j$	0	0	0	0

Для составления отправной программы принимаем, что мощность цеха, которая необходима для изготовления любого вида продукции может быть выражена через условную продукцию. Обозначим продукцию I через  $t_1$ , продукцию II через  $t_2$  и выразим их через номинальную:

$$t_1 = 5n_1 + n_3 + 3n_4;$$

$$t_2 = 4n_2 + 2n_3 + 6n_4.$$

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

*1-й этап составления отправной программы*

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	<b>-4</b>	<b>-5</b>	0	0	0	0

Наличие в последней строке отправной программы отрицательных чисел в столбцах 4 и 5, которые отображают вводимую продукцию, требует улучшения отправной программы, то есть ее корректировки (правило 1).

Так как прибыль  $t_2 > t_1$ , то на втором этапе решения задачи вместо номинальной продукции вводится продукция  $t_2$  (правило 2).

Определим, какая номинальная продукция заменится продукцией  $t_2$ . Для этого столбец 3 необходимо разделить на столбец 5 и определить генеральный элемент:

$$12/4 = 3;$$

$$10/2 = 5;$$

$$30/6 = 5.$$

Наименьшее значение — строка  $n_2$ .

Следовательно, генеральный элемент — «4».

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

2 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
←0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
0	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$							
5	$t_2$	3	0	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$							
0	$n_4$							
	$L_j - l_j$	15						

Выполняем расчет элементов строки новой матрицы по продукции, которая вводится согласно правила 3.

3 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$			0				
5	$t_2$	3	0	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$			0				
0	$n_4$			0				
	$L_j - l_j$			0				

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

Выполняем расчет столбца 5 нового варианта отправной программы (правило 4).

4 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$		5	0	1		0	0
5	$t_2$	3	0	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$		1	0	0		1	0
0	$n_4$		3	0	0		0	1
	$L_j - l_j$	15	-4	0	0		0	0

Выполняем расчет столбцов 4, 6, 8, 9 нового варианта отправной программы (правило 5).

5 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
5	$t_2$	3	0	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$	4	1	0	0	-0,5	1	0
0	$n_4$	12	3	0	0	-1,5	0	1
	$L_j - l_j$	15	-4	0	0	1,25	0	0

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

Проводим расчет элементов нового варианта отправной программы для столбцов 3, 7 (правило 6).

Столбец 3:

$$20 - 3 \times 0 = 20;$$

$$10 - 3 \times 2 = 4;$$

$$30 - 3 \times 6 = 12;$$

$$L = 5 \times 3 = 15.$$

Столбец 7:

$$0 - 0,25 \times 0 = 0;$$

$$0 - 0,25 \times 2 = -0,5;$$

$$0 - 0,25 \times 6 = -1,5;$$

$$0 - 0,25 \times (-5) = 1,25.$$

Наличие в последней строке отправной программы отрицательных чисел при решении задачи на максимум говорит о том, что программа требует дальнейшей корректировки.

Определим, вместо какой номинальной продукции будет введенная продукция  $t_1$  (согласно правила 3). Для этого необходимо найти генеральный элемент (столбец 3 разделить на столбец 4):

$$20/5 = 4;$$

$$4/1 = 4;$$

$$12/3 = 4.$$

Генеральный элемент неоднозначный, следовательно, для его определения необходимо каждую строку разделить на элементы столбца вводимой продукции (правило 7).

$n_1$	4	1	0	0,2	0	0	0
$n_3$	4	1	0	0	-0,5	1	0
$n_4$	4	1	0	0	-0,5	0	0,33

В строке, которая подчеркнута, раньше всего встретилось наименьшее значение (выделено в рамку), следовательно, продукция  $t_1$  заменяет продукцию  $n_4$ .



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

6 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$	20	<b>5</b>	0	1	0	0	0
5	$t_2$	3	<b>0</b>	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$	4	<b>1</b>	0	0	-0,5	1	0
0	$n_4$	12	3	0	0	-1,5	0	1
	$L_j - l_j$	15	<b>-4</b>	0	0	1,25	0	0
0	$n_1$							
5	$t_2$							
0	$n_3$							
4	$t_1$	4	1	0	0	-0,5	0	0,33
	$L_j - l_j$							

Выполняем расчет элементов строки по вводимой продукции (правило 3).

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

7 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$	20	<b>5</b>	0	1	0	0	0
5	$t_2$	3	<b>0</b>	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$	4	<b>1</b>	0	0	-0,5	1	0
0	$n_4$	12	3	0	0	-1,5	0	1
	$L_j - l_j$	15	-4	0	0	1,25	0	0
0	$n_1$		0					
5	$t_2$		0					
0	$n_3$		0					
4	$t_1$	4	<b>1</b>	0	0	-0,5	0	0,33
	$L_j - l_j$		0					

Выполняем расчет элементов столбца 4 по правилу 4.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

8 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
5	$t_2$	3	0	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$	4	1	0	0	-0,5	1	0
0	$n_4$	12	3	0	0	-1,5	0	1
	$L_j - l_j$	15	-4	0	0	1,25	0	0
0	$n_1$		0	0	1		0	
5	$t_2$		0	1	0		0	
0	$n_3$		0	0	0		1	
4	$t_1$	4	1	0	0	-0,5	0	0,33
	$L_j - l_j$		0	0	0		0	

Выполняем расчет элементов столбцов 5, 6, 8 по правилу 5.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

9 этап

$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
	наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
0	$n_2$	12	0	4	0	1	0	0
0	$n_3$	10	1	2	0	0	1	0
0	$n_4$	30	3	6	0	0	0	1
	$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
0	$n_1$	20	5	0	1	0	0	0
5	$t_2$	3	0	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$	4	1	0	0	-0,5	1	0
0	$n_4$	12	3	0	0	-1,5	0	1
	$L_j - l_j$	15	-4	0	0	1,25	0	0
0	$n_1$	0	0	0	1	2,5	0	-1,65
5	$t_2$	3	0	1	0	0,25	0	0
0	$n_3$	0	0	0	0	1	1	-0,33
4	$t_1$	4	1	0	0	-0,5	0	0,33
	$L_j - l_j$	31	0	0	0	-0,75	0	1,32

Выполняем расчет элементов столбцов 3, 7, 9 по правилу 6.

Столбец 3:

$$20 - 4 \times 5 = 0;$$

$$3 - 4 \times 0 = 3;$$

$$4 - 4 \times 1 = 0;$$

$$L = 5 \times 3 + 4 \times 4 = 31.$$

Столбец 7:

$$0 - (-0,5) \times 5 = 2,5;$$

$$0,25 - (-0,5) \times 0 = 0,25;$$

$$-0,5 - (-0,5) \times 1 = 0;$$

$$1,25 - (-0,5) \times (-4) = -0,75.$$

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

Столбец 9:

$$0 - 0,33 \times 5 = -1,65;$$

$$0 - 0,33 \times 0 = 0;$$

$$0 - 0,33 \times 1 = -0,33;$$

$$0 - 0,33 \times (-4) = 1,32.$$

В последней строке отправной программы в столбцах 4, 5, которые отображают вводимую продукцию, нет отрицательных значений, следовательно, задание решено.

Пример 2.

Рассмотрим вариант решения задачи, если не все группы оборудования были реализованы при окончательном варианте корректировки отправной программы.

Исходные данные:

– прибыль по продукции I (оконные блоки) — 4 ед.;

– прибыль по продукции II (дверные полотна) — 5 ед.

Таблица М.3 — Количественная оценка наличия оборудования по группам

Группы оборудования	Количество оборудования в каждой группе	Количество используемого оборудования, для изготовления 1000 м <sup>2</sup> продукции	
		I	II
А	18	3	1
Б	3	1	1
В	9	0	4
Г	18	3	1

Выражаем количество продукции первого вида через  $x$ , количество продукции второго вида через  $y$ :

I —  $x$ ;

II —  $y$ .

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

Неравенства, показывающие возможность использования оборудования:

$$\begin{cases} 3x + 1y \leq 18 \\ 1x + 1y \leq 3 \\ 4y \leq 9 \\ 3x + 1y \leq 18 \end{cases}$$

Целевая функция, позволяющая получить максимальную прибыль:

$$L_{\max} = 4x + 5y.$$

Для преобразования неравенств в уравнения добавим к каждому из них какую-то величину  $n$  – дополнительный объем продукции:

$$\begin{cases} 3x + 1y + n_1 = 18 \\ 1x + 1y + n_2 = 3 \\ 4y + n_3 = 9 \\ 3x + 1y + n_4 = 18 \end{cases}$$

Целевая функция прибыли имеет вид:

$$L_{\max} = 4x + 5y + 0n_1 + 0n_2 + 0n_3 + 0n_4 = \max.$$

Отправная программа, исходя из условия использования существующего оборудования, исключительно на выпуск условной продукции, имеет вид:

Группы оборудования, количество	Номинальная выпускаемая продукция			
	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
А = 18	1	0	0	0
Б = 3	0	1	0	0
В = 9	0	0	1	0
Г = 18	0	0	0	1
Прибыль $l_j$	0	0	0	0

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

Для составления отправной программы принимаем, что мощность цеха, которая необходима для изготовления любого вида продукции, может быть выражена через условную продукцию. Обозначим продукцию I через  $t_1$ , продукцию II через  $t_2$  и выразим их через номинальную:

$$t_1 = 3n_1 + 1n_2 + 3n_4;$$

$$t_2 = n_1 + n_2 + 4n_3 + n_4.$$

### Расчет программы-матрицы

Отправная программа	$l_j$	Программа		$l_1 = 4$	$l_2 = 5$	$l_3 = 0$	$l_4 = 0$	$l_5 = 0$	$l_6 = 0$
		наименование	кол-во	$t_1$	$t_2$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
	0	$n_1$	18	3	1	1	0	0	0
	0	$n_2$	3	1	1	0	1	0	0
←	0	$n_3$	9	0	4	0	0	1	0
	0	$n_4$	18	3	1	0	0	0	1
		$L_j - l_j$	0	-4	-5	0	0	0	0
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
1 этап расчета	0	$n_1$	16	3	0	1	0	-0,25	0
	←	$n_2$	1	1	0	0	1	-0,25	0
	5	$t_2$	2,25	0	1	0	0	0,25	0
	0	$n_4$	16	3	0	0	0	-0,25	1
		$L_j - l_j$	10	-4	0	0	0	1,25	0
2 этап расчета	0	$n_1$	13	0	0	1	-3	0,5	0
	4	$t_1$	1	1	0	0	1	-0,25	0
	5	$t_2$	2	0	1	0	0	0,25	0
	0	$n_4$	13	0	0	0	-3	-1	1
		$L_j - l_j$	14	0	0	0	4	0,25	0

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

По отправной программе (столбцы 3, 5) определяем генеральный элемент по правилу 2:

$$18 / 1 = 18;$$

$$3 / 1 = 3;$$

$$9 / 4 = 2,25;$$

$$18 / 1 = 18.$$

Генеральный элемент равняется 4 (по строке  $n_3$ ) и выделен в рамку.

Поскольку, количество используемого оборудования, может быть только целым числом, принимаем количество оборудования равным 2-м единицам (1 этап расчета) и остальные все значения по столбцу 3 пересчитываем.

*1 этап расчета:*

столбец 3 (по правилу 6):

$$18 - 2 \times 1 = 16;$$

$$3 - 2 = 1;$$

$$18 - 2 \times 1 = 16;$$

столбец 8 (по правилу 6):

$$0 - 0,25 \times 1 = -0,25;$$

$$0 - 0,25 \times 1 = -0,25;$$

$$0 - 0,25 \times 1 = -0,25;$$

$$0 - 0,25 \times (-5) = 1,25.$$

Столбцы 4, 6, 7, 9 переносятся по правилу 4, столбец 5 заполняется по правилу 5.

Поскольку в последней строке в столбце 4 получается отрицательное значение (правило 1), необходимо улучшить 1 этап расчета, потому что он не является оптимальным.

Определение генерального элемента выполняется по правилу 2 (см. 1 этап расчета — столбцы 3, 4).

$$16 / 3 = 5,3;$$

$$1 / 1 = 1;$$

$$16 / 3 = 5,3.$$

Генеральный элемент находится по строке  $n_2$  и выделен в рамку.



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ М

*2 этап расчета:*

столбец 3 (правило 6):

$$16 - 1 \times 3 = 13;$$

$$2 - 0 = 2;$$

$$16 - 3 \times 1 = 13;$$

столбец 7 (правило 6):

$$0 - 1 \times 3 = -3;$$

$$0 - 1 \times 0 = 0;$$

$$0 - 1 \times 3 = -3;$$

$$0 - 1 \times (-4) = 4;$$

столбец 8 (правило 6):

$$-0,25 - (-0,25) \times 3 = 0,5;$$

$$0,25 - (-0,25) \times 0 = 0,25;$$

$$-0,25 - (-0,25) \times 3 = -1;$$

$$1,25 - (-0,25) \times 4 = 0,25.$$


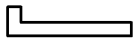
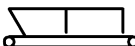


Столбцы 5, 6, 9 переносятся по правилу 4, столбец 4 заполняется по правилу 5.

Наличие в последней строке программы положительных чисел (задача на максимум) в столбцах, которые отображают вводимую продукцию, говорит о том, что задача решена.

Оборудование групп А и Г полностью не реализовано для выпуска продукции ( $A = 13$ ,  $\Gamma = 13$ ), следовательно, необходимо его перепрофилировать или докупать оборудование групп Б и В.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Таблица Н.1 — Условные обозначения оборудования к технологическим схемам

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
1	<i>Для приема материалов</i>		
		Приемная воронка	Предназначена для приема материалов
2	<i>Для подачи материала и дозирования</i>		
2.1		Весовой дозатор	Для дозирования сыпучих, пластичных материалов. Весовое устройство связано системой тяг и рычагов с бункером. Весовое устройство механическое, создает большие возможности для автоматизации взвешивания (например, с фотоэлектрической системой управления).
2.2		Двухсекционный ящичковый подаватель (может быть трехсекционный)	Используется для поступления после предварительной подготовки сырья и смешивания компонентов. Дозирование (объемное) происходит за счет шиберов, установленных так, чтобы в каждом отсеке между нижним краем шибера и подвижным дном подавателя создавался зазор соответствующей величины.
2.3		Лоток для спуска материала с электромагнитом	Электромагнит используется для улавливания и отделения железистых включений.
2.4		Лотковый питатель	Предназначен для дозирования и подачи материалов. Представляет собой наклонный лоток, находящийся под действием электромагнита, питаемого электрическим током. Производительность и объем дозированной смеси регулируется заменой угла наклона лотка и частоты колебания сердечника электромагнита. Высота бортов лотка 200–300 мм.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
2.5		Объемный дозатор для воды или других жидкостей	Осуществляется различными устройствами, обеспечивающими дозировку заданной порции воды. Таким устройством может быть автоматический дозатор турбинного типа.
2.6		Тарельчатый питатель	Применяется для пылевидных и кусковых материалов (размером до 150 мм) при непрерывной подаче материала в машины, а также для их объемного дозирования. Состоит из горизонтального диска. Разгрузка осуществляется винтовым механизмом скребка.
2.7		Электромагнит	Используется для улавливания и отделения железистых включений.
2.8		Автоматический весовой дозатор	Применяется для дозирования заполнителей и цемента. Весовой бункер заполняется основной массой материала, после чего выполняется предварительное взвешивание. Режим дозирования автоматический.
3	<i>Для перемещения материалов</i>		
3.1		Автомашина	Предназначена для перевозки материалов
3.2		Аэрожелоб	Применяется для транспортировки сухих пылевидных материалов (например цемента), которые легко насыщаются воздухом. В нижнюю часть желоба от вентилятора подается воздух
3.3		Ленточный транспортер, ленточный питатель	Ленточный транспортер используется для транспортировки сыпучих, пластичных и мелкоштучных материалов в горизонтальном и наклонном направлениях. Состоит из гибкой бесконечной ленты, лежащей на роликоопорах, огибающей приводной и натяжной барабаны. Может разгружаться в любой точке по его длине, что достигается за счет применения двух барабанных сбрасывателей.

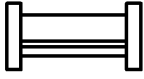
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
			Отличительной особенностью питателя является то, что материал транспортируется по металлическим пластинам, перекрывающим друг друга, что исключает просыпание материала с острыми кромками при транспортировке на небольшие расстояния
3.4		Мембранный насос	Используется для перекачки смеси
3.5		Мостовой грейферный кран	Используется для подачи материалов и изделий
3.6		Скиповый подъемник	Применяется для подачи сыпучих материалов и растворов в бункера, шахтные печи, смесительные машины и грохоты. Подъемник устанавливают в углубление, в которое опускается ковш. Поднимается ковш при помощи каната по направляющим, для выгрузки на определенной высоте
3.7		Трубопровод	Используется для подачи (перемещения) сухих, пластичных материалов, воды и так далее
3.8		Шнек (винтовой конвейер)	Машина непрерывного действия, предназначенная для перемещения в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях сыпучих, мелкокусковых, пластичных материалов. Состоит из желоба, внутри которого расположен вращающийся винт
3.9		Шнек (двухсторонний)	Для подачи материалов в бункера (конструкция аналогична шнеку винтовому). Нарезка винта двухсторонняя
3.10		Элеватор (ковшовый конвейер)	Используется для перемещения порошкообразных, зернистых, мелкокусковых грузов в ковшах, закрепленных на закольцованном тяговом органе. Может быть ленточным или цепным.

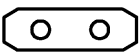


## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
4	<i>Для помола</i>		
4.1		Дробилка	Предназначена для дробления материалов. Все типы дробилок (валковая, валково-зубчатая, молотковая, щековая и так далее) на схемах представлены условно, без уточнения и конструктивных особенностей.
4.2		Мельница «Аэрофол»	Каскадная мельница без мелющих тел, в которых материал измельчается под действием ударов падающих кусков самого материала. Эти мельницы применяют для измельчения сырья с влажностью 20 % и более. Сырье загружают в виде кусков размером до 10 см и подают горячие газы, которые сушат материал до влажности 0,5–1 %. Эти же газы выносят измельченный продукт, который затем выделяется из потока в проходных сепараторах и циклонах, причем более крупные частицы возвращаются на домол.
4.3		Шахтная (трубная) мельница	Мельница (длина 10–15 м) разделена дырчатыми перегородками на камеры. Размеры шаров, загружаемых в нее, принимают в зависимости от величины кусков разламываемого материала. Поступающие в мельницу горячие газы высушивают и частично дегидратируют продукты помола
4.4		Шаровая мельница тонкого помола	Предварительно заливают воду, осуществляется тонкий помол материала. В качестве мелющих тел используют кремневые шары
4.5		Шаровая мельница сухого помола	Предназначена для помола строительных материалов сухим способом. Мельница имеет барабан, загрузочную и разгрузочную части, роlikоопоры. Барабан мельницы представляет собой полый стальной цилиндр, выложенный внутри плитами.


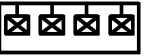

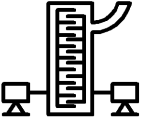
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
			Поступающий в мельницу материал измельчается мелющими телами и перемещается от загрузочного конца к разгрузочному, под давлением непрерывно поступающего материала
4.6		Валки помола	Предназначены для удаления из глины каменистых включений. Для больших камней используют винтовые и дезинтегральные. Тонкое измельчение частиц до 2 мм, выполняется с помощью гладких валков тонкого помола.
5	<i>Для перемешивания</i>		
5.1		Виброгазо-мешалка	Состоит из корпуса, вертикального вала с лопастями, вибрационной системы и самоходного портала. На внутренней поверхности корпуса смонтированы отбойные лопасти. По всей длине вала, по винтовой линии попарно установлены лопасти, образующие двухлопастной пропеллер. В конструкции вибрационного устройства предусмотрено регулирование частоты вибрации. Исходные материалы загружают через люки, имеющиеся в крышке. Готовую смесь выгружают через затвор, под которым расположен лоток, предназначенный для заливки газобетонной смеси в форму
5.2		Глиноболтушка	Предназначена для получения шлама из глины. Вращающиеся части помещаются в бетонный бассейн, в центре которого расположена колонна, служащая опорой для вращающихся частей. Размачивание сырья осуществляется с помощью воды.

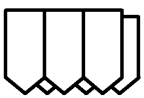
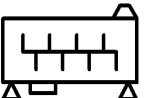
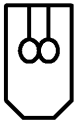
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
5.3		Глиномешалка	Предназначена для перемешивания глиняной массы. Состоит из корытообразного сварного корпуса и двух встречно вращающихся валов со сменными лопатками. Валы приводятся в движение от электродвигателя. Днище состоит из ступенчатых стальных листов, обеспечивающих подвод пара к глиняной массе. Сверху кожух закрыт крышкой. Для пароувлажнения массы в верхней части кожуха предусмотрена труба
5.4		Горизонтальные шламбассейны	Представляют собой прямоугольные цилиндрические бассейны емкостью 5000–6000 м <sup>3</sup> . Шлам перемешивается барботированием и механическим путем
5.5		Двухбарабанный смеситель	Состоит из двух барабанов, внутри которых вращаются валы с лопастями и самоходного портала. В одном барабане из водного раствора пенообразователя в течение пяти минут приготавливают пену, в другом, за это же время, раствор из вяжущего, кремнеземистого компонента и воды. Пену выгружают в барабан с раствором и смесь перемешивают не менее 2 минут. Выгрузка смеси осуществляется через лоток в промежуточную емкость для усреднения нескольких замесов
5.6		Дезинтегратор	Предназначен для помола песка и извести-пушонки, и их перемешивания с водой. Может использоваться для приготовления сухих смесей. Состоит из двух вращающихся во взаимно противоположные стороны дисков с круглыми пальцами (билами). Эти пальцы расположены на каждом диске по концентрическим окружностям, в несколько рядов, перпендикулярно плоскости вращения.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
			Пальцы одной корзины располагаются между рядами пальцев другой. Диски с пальцами насажены на валы, расположенные на одной оси. Каждый диск имеет самостоятельный привод.
5.7		Коррекционные вертикальные шламбассейны	Представляют собой железобетонные или металлические цилиндры емкостью до 1600 м <sup>3</sup> . Вверху по окружности резервуара движется мост, к которому прикреплена опущенная почти на всю глубину бассейна ферма, на которой смонтирован воздухопровод. Когда бассейн заполнен шламом, мост приводится в круговое движение. Благодаря этому ферма, перемещаясь внутри бассейна, перемешивает шлам механически в горизонтальном направлении, а подаваемый через воздухопровод сжатый воздух барботирует его, что предотвращает расслоение шлама.
5.8		Лопастный двухвальный смеситель	Предназначен для перемешивания силикатной смеси. Состоит из сварного корпуса, двух лопастных валов. Корпус по всей длине закрыт секционными крышками. В головной части корпуса установлен загрузочный патрубок, в хвостовой — разгрузочный. Угол наклона и шаг размещения рабочих лопастей, на валах смесителя, регулируется применительно к особенностям силикатной смеси. Вода в смеситель подается распылением.
5.9		Пропеллерная мешалка	В пропеллерную мешалку предварительно наливается нагретая до 50–60°С вода. Используют для выдерживания приготовленного шликера в течение 2–3 дней при постоянном перемешивании. Может использоваться для получения газообразователя для ячеистых бетонов.





ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
5.10		Силос-реактор	Предназначен для гашения и усреднения (гомогенизации) силикатной смеси. Рабочим органом служат вибрирующие многоэтажные решетки, расположенные внутри конуса реактора. Перемешивание компонентов осуществляется за счет вибраторов, соединенных с вертикальной решеткой на цилиндрической поверхности силоса.
5.11		Смесительные бегуны	Используются для перемешивания и догашивания силикатной смеси. Состоят из резервуара, в котором вращаются катки типа бегунов, прижимаемые ко дну пружиной.
5.12		Турбулентный смеситель	Используется для приготовления цементных, известковых, глиняных растворов, а также бетонов. Состоит из неподвижной вертикальной чаши с конической поверхностью у основания. Смесь приготавливается благодаря принудительному движению лопастей в массе материала. Готовая смесь выгружается через открывающийся затвор.
6	<i>Для обжига, термообработки</i>		
6.1		Вращающаяся печь	Вращающаяся печь для обжига цементного клинкера по мокрому способу представляет собой цельносварной тонкостенный трубчатый корпус, опирающийся на неподвижные опоры. В местах опор на корпусе смонтированы стальные бандажи, лежащие на роликах, свободно вращающихся в подшипниках. Для обеспечения в печи обжига материала, корпус имеет уклон 4–5°.

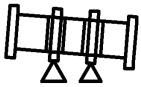
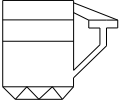
## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
			<p>Внутри корпус футирован огнеупорным кирпичом. Загрузочное отверстие печи имеет меньший диаметр, чем диаметр печи (6–7 м), это создает на входе печи конический участок, препятствующий выливанию подаваемого шлама. Первой по ходу движения материала, находится зона испарения, следующая зона подогрева (дегидратации), в которой из материала удаляются остатки свободной и связанной влаги. Следующие зоны: зона декарбонации, зона экзотермических реакций. Последними являются зоны спекания и охлаждения. Разгрузочная головка соединяет выходной обрез печи с шахтой холодильника.</p>
6.2		<p>Вращающаяся печь для вспучивания перлитового сырья</p>	<p>Подготовленное, в печи термообработки, сырье по наклонному лотку поступает в барабан вспучивания. Печь состоит из следующих основных узлов: футированного барабана, камеры выгрузки, опорного и опорно-упорного устройств, топки и горелок. Часть поступающего перлита вспучивается в факеле. Основная масса довспучивается на футировке.</p>
6.3		<p>Вращающаяся печь для обжига извести</p>	<p>Используется для приготовления мелкокусковой извести. Представляет собой наклонный стальной барабан, футированный внутри огнеупорным материалом. Работает по принципу противотока. В поднятый "холодный" конец равномерно питателем загружается известняк, а в опущенный "горячий" конец подается топливо. Дымовые газы просачиваются через барабан навстречу обжигаемому материалу.</p>




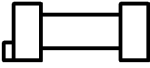
## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
6.4		<p style="text-align: center;">Вращающаяся печь типа сушильного барабана</p>	<p>Обжигательной частью печи служит наклонный стальной цилиндр диаметром до 2,5 м и длиной до 20 м, установленный на роликоопоры и непрерывно вращающийся. Материал подается в печь с приподнятой стороны. При вращении барабана он перемещается вниз. В барабан из топки поступают раскаленные дымовые газы. Может использоваться при обжиге гипсового щебня, гажевого сырца при разных температурных режимах. При обжиге гажу все время перемешивают, доводя ее температуру до 170–180° С и сохраняя ее постоянной в течение 5 минут. Затем гажу снимают с надтопной части печи, а ее место занимает гаж, находящаяся на просушке. Гипсовый щебень обжигают дымовыми газами <math>t = 600\text{--}700^\circ\text{C}</math> при противотоке, <math>t = 900^\circ\text{C}</math> — при прямотоке. При обжиге гипсового щебня топка может располагаться как со стороны загрузки, так и со стороны выгрузки материала. При обжиге гипсового сырца — только со стороны выгрузки.</p>
6.5		<p style="text-align: center;">Двухзонная печь кипящего слоя</p>	<p>Печь состоит из двух камер, расположенных вертикально одна над другой и разделенных непроницаемой перегородкой. В нижней камере обжига происходит сжигание газа, непосредственно в слое материала, поступающего туда из верхней камеры термообработки, в которой материал подогревается газами, отходящими из камеры обжига и очищенными от пыли в системе циклонов.</p>

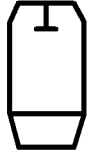
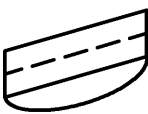
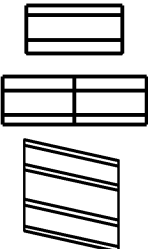

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
		<p style="text-align: center;">Печь термоподготовки</p>	<p>Состоит из футированного барабана, камеры загрузки, опорного и опорно-упорного устройств, топки и горелки. Сверху камера загрузки соединена с трубопроводами системы очистки. Термоподготовка перлитового сырца уменьшает растрескивание зерен в процессе обжига, улучшает его вспучиваемость и структуру готового продукта.</p>
6.7		<p style="text-align: center;">Шахтная печь</p>	<p>В нижней части печи на специальной кронштейне установлена специальная горелка. При сжигании топлива поток раскаленных газов движется снизу вверх. В верхней части печи — камера разбавления, для снижения температуры отходящих дымовых газов путем подсоса холодного воздуха. Охлаждение корпуса печи воздушное.</p>
6.8		<p style="text-align: center;">Шахтная печь для обжига извести</p>	<p>Используется для приготовления крупнокусковой извести. Состоит из следующих основных элементов: шахты или рабочей камеры, загрузочного и разгрузочного устройств, воздухоподводящей и газоотводящей аппаратуры. Разделяется на зону подогрева, обжига и охлаждения. Зона охлаждения — в нижней части печи. Выгрузочное устройство печи оборудовано шлюзовым затвором.</p>
7	<i>Для сушки</i>		
7.1		<p style="text-align: center;">Сушильный барабан</p>	<p>Предназначен для сушки песка, шлака и других сыпучих материалов топочными газами, выходящими из печей. Корпус барабана сварной цилиндрический. Внутри него, со стороны загрузки, расположены направляющие лопасти. Барабан устанавливается с наклоном к горизонту в сторону разгрузки на двух опорных роликах. Вращается он за счет бандажей, свободно насаженных на корпус.</p>



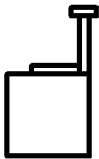
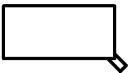
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
7.2		Распылительная сушилка	В сушилке, наполненной горячим воздухом к 250°C, происходит обезвоживание смеси. Распылительный диск вращается со скоростью 7000 мин <sup>-1</sup> . Состоит из основания, сушильной камеры, системы отбора отработанных газов.
8	<i>Для сортировки</i>		
8.1		Виброгрохот	Выполняет механическую сортировку для разделения материала на классы по крупности после их дробления. Представляет собой вибрирующий механизм, состоящий из вала, вращающегося в подшипниках, установленных на подвижном корпусе, и двух маховиков с дебалансами на валу грохота. Корпус с ситами опирается на неподвижную раму при помощи пружин.
8.2		Грохота одно-, двух- и трехсекционные (могут размещаться вертикально)	Используются для сортировки каменных материалов. Сортировка осуществляется при движении материала по просеивающей поверхности сита.
9	<i>Для просеивания</i>		
9.1		Цилиндрическое вращающееся сито	Для просеивания материала и удаления из него более крупных включений. Основным рабочим органом сита является цилиндрический барабан. Сито загружается через лоток, установленный в одном из торцов барабана. Открытый конец служит для выхода крупных кусков материала, не прошедших через сито. Обрушение материала, с одной стороны цилиндра на другую, сопровождается ударом, обеспечивающим достаточно интенсивное перемешивание.

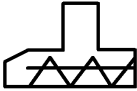
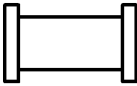

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
10	<i>Для обработки материалов</i>		
10.1		Бункер выдерживания (камера томления)	Используется для выдерживания полученного гипса в течение 24 часов. При охлаждении происходит некоторое выравнивание модифицированного состава обожженного продукта, что улучшает его качество.
10.2		Гасительный барабан	Предназначен для гашения комовой извести с песком. Барабан устанавливают горизонтально на катках, скорость вращения барабана составляет 3–5 мин <sup>-1</sup> . В барабан через специальный, плотно закрывающийся во время вращения люк подают предварительно измельченную комовую известь в кусках размером 3–5 мм и песок. Во время вращения барабана известь гасится паром, поступающим через специальное пароподводящее устройство.
10.3		Гипсоварочный котел	Представляет собой цилиндр, изготовленный из жароупорной стали, с футировкой из огнеупорного кирпича. Под котлом располагают топку. Продукты сгорания нагревают жаровые трубы и охлажденными поступают в трубу на выхлоп. Внутри котла находится перемешивающее устройство. Характерной чертой гипсоварочных котлов является то, что обрабатываемый в них материал с пламенем и дымовыми газами не соприкасается.
10.4		Емкость для замочки	Предназначена для замачивания заполнителей. Представляет собой резервуар с лотком для разгрузки.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
10.5		Формующий агрегат	Необходим для формообразования сырца. Представляет собой емкость с дном в виде сита. Шнек служит для выдавливания массы через дно. Цилиндрические стержни пластической массы разрезаются струной на части необходимых размеров.
11	<i>Для прессования</i>		
11.1		Вакуум-ленточный пресс	Предназначен для приобретения однородности массы после выдерживания ее в фильтр-прессе. Корпус может быть цилиндрическим, коническим, ступенчатым. Оборудованы вакуум-камеры таким образом, чтобы в них создавалось необходимое разрежение для вакуумирования массы. С помощью шнека масса уплотняется.
11.2		Фильтр-пресс	Предназначен для разделения под давлением жидких неоднородных систем. Шликер выдерживается под давлением 8–10 атм до прекращения выделения воды и преобразовывается в пластическую массу.
12	<i>Для хранения материалов</i>		
12.1		Бункер с сырьем	Хранение материала перед обработкой в заготовительных цехах, промежуточное хранение изготовленного материала. Форма может быть разной, в основном определяется технологическими особенностями цеха и видом материала.
12.2		Отсек складированного материала	Используется для складирования заполнителя и т. д.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н


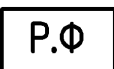
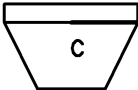

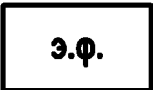


Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
12.3		Силосохранялище (может быть двухкамерное)	Представляет собой башню цилиндрической формы из металла или железобетона. Высота силоса может достигать 30 м, а диаметр — 12 м. Оно может опираться на колонны или стоять прямо на земле. Разрыхление нижних слежавшихся слоев производится путем продувки воздуха под пористые плитки, уложенные в виде второго внутреннего дна силоса. Выгрузка производится пневматическим способом с использованием аэрожелобов и пневматических винтовых насосов
12.4		Водяной бак	Используется для хранения и запаса
13	<i>Для очищения воздуха</i>		
13.1		Аспирационная шахта	Предназначена для частичного очищения запыленного воздуха (первая стадия очистки). Очищение выполняется путем охлаждения шахтного пространства за счет вен-тилирования. Скорость воздушного потока 0,3–0,7 м/с обеспечивается вентилятором, просасывающим воздух через шахту. Холодный воздух охлаждает футировку корпуса и измельченный материал, предотвращая его слипание. Кроме того, воздушный поток уносит мельчайшие частицы к следующим системам пылевыделения.
13.2		Батарея циклонов	Используется на второй ступени очистки для улавливания более тонких частиц гипсового порошка. Относится к системе пылеулавливающих устройств.
13.3		Вентилятор	Используется для охлаждения.



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Н

Продолжение таблицы Н.1

№ п/п	Конструктивное обозначение	Название	Область применения
13.4		Пылеосадительная камера	Используется для сбора порошка (гипса) и поступления его в расходные бункера.
13.5		Рукавный фильтр	Используется для окончательной очистки воздуха от гипсовой пыли. Относится к системе пылеуловителей. Очищенные газы выбрасываются в атмосферу.
13.6		Сепаратор	Предназначен для разделения продуктов помола на фракции. Его работа основана на том, что большие частицы сортируемого материала, находящегося в потоке воздуха под воздействием силы тяжести центробежных сил осаждаются, а мелкие — уносятся воздушным потоком.
13.7		Циклон	Используется на первой ступени очистки для улавливания больших частиц гипсового порошка. Относится к системе пылеулавливающих устройств. Принцип работы основан на том, что частицы пыли из трубопровода, попадая в циклон, теряют свою скорость и оседают в бункерах.
13.8		Электрофильтр	Электрический способ очистки основан на выделении в высоковольтном электрическом поле частиц пыли из потока газа, который пропускается сквозь него.
13.9		Холодильник	Используется для охлаждения разогретого клинкера холодным воздухом. По конструкции холодильники могут быть барабанными, колосниковыми и т. д.
13.10		Осадочная камера	Используется для сбора готовой продукции. Посредством пневмотранспорта большие фракции готовой продукции направляются в камеру для дальнейшей сортировки.

## ПРИЛОЖЕНИЕ П

### КРАТКАЯ СПРАВКА ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

**Аглопорит** — искусственный пористый материал, получаемый в результате термической обработки глинистых пород и отходов от добычи, переработки и сжигания ископаемых углей, на агломерационных машинах. Аглопорит применяют в качестве заполнителя при изготовлении армированных и неармированных изделий из легких бетонов, а также в качестве утепляющих засыпок.

**Арболит** — смесь портландцемента марки не ниже М400 с различными органическими заполнителями, в основном отходами сельскохозяйственного производства (камышовой, соломенной дробленок и т. д.), а также деревообрабатывающей промышленности. Относится к группе легких бетонов. Применяется для изготовления плит и панелей.

**Барботирование** — продавливание газа или пара через слой жидкости. Устройствами для проведения этого процесса служат барботеры — трубы с мелкими отверстиями (3–6 мм). При давлении пузырьков газа (пара) через жидкость создается большая монофазная поверхность, что способствует тепло- и массообменным процессам и химическому взаимодействию газов с жидкостями. Применяется для перемешивания и подогрева смесей.

**Газобетон** получают вспучиванием теста (вяжущего вещества с заполнителями или без них). Для вспучивания применяют газообразующие вещества, причем окончание процесса газообразования должно совпадать с началом схватывания смеси.

**Газосиликат** — ячеистый бетон на основе извести-кипелки. В качестве газообразователя используется алюминиевая пудра, которая реагируя с водным раствором гидроксида кальция, вызывает вспучивание. Для достижения сбалансированности скоростей процесса газовыделения и увеличения пластично-вяжущих свойств вспучиваемой массы, которая в начале процесса газовыделения должна нарастать медленно, а в конце быстро, используют различные технологические приемы, изменяющие температуру формовочной массы и воды. Также возможно применение специальных добавок для регулирования скорости гашения извести.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ П

**Гипсовые вяжущие** — вяжущие вещества, главным образом воздушные, состоящие из полуводного сульфата кальция — полуводные гипсовые вяжущие, либо из безводного сульфата кальция — ангидритовые вяжущие, способные после затвердения водой схватываться, твердеть и превращаться в камень на воздухе. Сырьем для их производства служит измельченный гипсовый камень.

**Известь** — один из лучших штукатурных материалов. Он превосходит по своим качествам цементную, известковую и гипсовую штукатурку. По минералогическому составу гажа приближается к глиногипсу. Производится из гажевого сырца, являющегося осадочной породой из группы сульфатов.

**Известь воздушная** — при соединении с водой схватывается, твердеет и сохраняет прочность только в сухих условиях. В зависимости от вида обработки обожженного продукта бывает негашеная комовая, известь-кипелка и негашеная молотая. Используется в составе штукатурных, отделочных, кладочных растворов, для изготовления бетонов, конструкций, смешанных цементов (известково-золевых, известково-шлаковых) и в качестве главной составной части побелочных и красочных составов.

**Известь гидравлическая** — продукт, получаемый в результате обжига ниже температуры спекания мергелистых известняков, содержащих от 6 до 25 % глинистых и тонкодисперсных песчаных примесей. Заводы-изготовители выпускают ее в виде тонкоизмельченного порошка. Выпуск ограничен и составляет 10% от общего. Применение — см. **известь воздушная**.

**Известь крупнокусковая** образуется путем обжига крупнокусковой комовой извести.

**Известь мелкокусковая** производится путем обжига мелкокусковой комовой извести.

**Известь негашеная молотая** — порошкообразный продукт помола негашеной комовой извести.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ П

**Известь-пушонка** — превращается путем гашения действием воды комовой извести (порошкообразная известь).

**Известь строительная** — продукт, полученный в результате обжига ниже температуры спекания кальциево-магниевого карбонатных горных пород (известняка, мела и т. д.). Делится на воздушную и гидравлическую.

**Известняки** — карбонатные породы, содержащие в качестве основного материала кальцит. Используют в цементной, стекольной промышленности, при производстве железобетонных конструкций и т. д.

**Известковая мука** — побочный продукт при производстве крупнокусковой и мелкокусковой извести. Может образовываться из мелкокускового сухого известняка при совмещенном процессе сушки и помола. Используют для нужд сельского хозяйства.

**Керамзит** — искусственный пористый материал мелкоячеистого строения, полученный из легкоплавких глин путем вспучивания их во время обжига. Керамзит получают в виде керамзитового гравия, щебня и песка. Используют как теплоизоляционный засыпной материал и как наполнитель в легких бетонах и железобетонных конструкциях.

**Керамзитовый песок** получают в печах кипящего слоя. По сравнению с дробленным песком имеет ряд преимуществ, зерна его округлой формы. Используется как пористый наполнитель для бетона и цемента.

**Керамические массы полусухого прессования** используют для изготовления строительного кирпича и его разновидностей, дорожного клинкера, шамотных огнеупоров и некоторых других изделий, формируемых методом полусухого прессования. Сырьем для их производства служат глинистые материалы с карьерной влажностью и непластичные материалы.

**Литейный шликер** — керамическая масса, предназначенная для формования изделий методом литья. Влажность его в два раза меньше, чем у обычного. При этом подвижность и текучесть такова, что при заливке в форму, происходит полное ее заполнение.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ П

**Мел** — слабосцементированная осадочная карбонатная порода, состоящая почти полностью из кальцита (до 98 %).

**Мергели** представляют собой карбонатно-глинистые породы, в состав которых входит 50–75 % карбонатов и 25–80 %  $R_2O_3$  и  $SiO_2$ . Применяется в цементной, стекольной промышленности и т. д.

**Многокомпонентная грубокерамическая пластическая масса** применяется для изготовления строительного кирпича, дренажных труб, черепицы, канализационных труб и других изделий. Состоит из смеси пластичных глин и непластичных материалов, как органического так и неорганического происхождения.

**Мрамор** — метаморфическая порода, в которой основными породобразующими материалами являются перекристаллизованные кальцит и доломит.

**Непластичные материалы** — это такие органические и минеральные вещества, которые при соединении с водой не переходят в пластическое состояние и не образуют тестообразные легкоформуемые массы. Эти вещества, будучи смешанными с пластичными (например, глиной), снижают пластические свойства последних и смесь становится более «тощей», поэтому непластичные материалы иногда называют отошающими или отошителями. Бывают органического (растительная шелуха, уголь, торф) и неорганического происхождения (шамот, кварц, металлургические шлаки, золы). Введение таких добавок уменьшает водопотребность керамических масс, способствует быстрому и равномерному удалению влаги при высушивании, уменьшает величину воздушной усадки.

**Огарки (колчеданные)** — корректирующие добавки, в которых содержатся недостающие окислы железа.

**Опока** — осадочная порода с содержанием опалового кремнезема до 90 %. Обладает малой плотностью и высокой пористостью. Используется при производстве цемента и пористых заполнителей.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ П

**ПАВ** — химические добавки, позволяющие экономить расход цемента и интенсифицировать процесс твердения.

**Пемза** — вулканическая пористая порода. Обладает высокой пористостью, которая образовывается в результате расширения газов во время быстрого охлаждения полужидкой лавы. Используется как в цементной промышленности, так и для производства стеновых материалов и пористых заполнителей.

**Пенобетон** получают смешиванием цементного теста или раствора с устойчивой пеной. После затвердения смеси образуется бетон ячеистой структуры.

**Пенообразователи** используют для приготовления ячеистых бетонов (пенобетонов). Клееканифольный пенообразователь производится из мездрового или костного клея, канифоли и водного раствора едкого натра. Этот пенообразователь при длительном взбивании эмульсии дает большой объем устойчивой пены. Смолосапониновый пенообразователь изготавливают из мыльного корня и воды. Алюмосульфонафтеный пенообразователь получают из керосинового контакта, сернокислого глинозема и едкого натра. Он сохраняет свои свойства до 6 месяцев при положительных температурах. Пенообразователь ГК марки ПО-6 состоит из гидролизованной боенской крови и сернокислого железа. Расход пенообразователей для получения пены составляет: клееканифольного 8–12 %, смолосапонинового 12–16 %, алюмосульфонафтенного 16–20 % и пенообразователя ГК 4–6 % от количества воды.

**Песок вспученный перлитовый** получают путем термической обработки перлитовых пород. Применяется в качестве заполнителя в теплоизоляционных бетонах.

**Пластическая тонкокерамическая масса** получается путем частичного обезвоживания (влажность массы 18–25 %) шликера, используется для формования изделий.

**Портландцемент** — это продукт тонкого помола портландцементного клинкера, полученного в результате обжига, до полного спекания

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ П

природных мергелей или сырьевых смесей из известняков и глин. Для регулирования сроков схватывания в состав портландцемента при помоле клинкера вводят до 5 % гипса. Производство осуществляется в два этапа. Первый заключается в производстве клинкера, второй — в переработке клинкера в портландцемент. В зависимости от особенностей приготовления сырьевых смесей различают 4 способа производства портландцемента: мокрый, сухой, полусухой и комбинированный. При мокром способе производства тонкое измельчение сырьевой смеси производят в воде с получением шихты в виде водной суспензии — шлама. При сухом способе сырьевую шихту готовят в виде тонкоизмельченного сухого порошка, для чего перед помолом или в процессе его сырьевые материалы высушивают. Полусухой способ отличается от сухого тем, что после приготовления сырьевой смеси последняя гранулируется с добавкой 10–14 % воды и поступает на обжиг в виде гранул. При комбинированном способе производства сырьевую смесь готовят по мокрому способу в виде шлама, а затем обезвоживают на фильтрах до влажности 16–18 % и подают на обжиг в печь в виде полусухой массы.

**Силикатный бетон** — искусственный каменный материал, получаемый в результате автоклавного твердения смеси из вяжущего (в качестве которого может использоваться предварительно гашенная известь или молотая негашенная известь-кипелка), молотого шлака, золы, заполнителя и воды. Производится двумя способами: с частичным сохранением эффекта гидратационного схватывания оксида кальция в смеси (модифицированный кислотный способ) и полной гидратацией оксида кальция в бетонной смеси без эффекта гидратационного схватывания (гидратный способ).

**Силикатные расплавы** получают путем расплавления сырьевой шихты главным образом в вагранках (шахтных плавильных печах непрерывного действия). Сырьем для производства служат мергели, известково-глинистые сланцы, известняк, отходы промышленности (в основном доменные шлаки, бой силикатного кирпича). Наличие мелочи в сырье и топливе приводит к неравномерной плавке, поэтому они тщательно сортируются. Большое значение имеет равномерная загрузка сырья и топлива в вагранку. Применяется для производства минеральной ваты.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ П

**Сырьевые материалы** — известняки, мрамор, мергели, трепел, опока, туф, пемза, глинистые мергели, мел и т. д. применяются в цементном производстве.

**Тонкокерамические массы** производятся из сырьевых материалов, подразделяемых на пластичные (глины и каолины), отощающие (песок кварцевый, шамот, бой изделий) и плавни (перлиты, нефелиновый концентрат, шлаки и искусственные стекла). Отощающие материалы вводят в состав пластичных масс для регулирования их пластичности, улучшения сушильных и обжиговых свойств, сокращения продолжительности сушки и обжига изделий. Природным отощителем является кварцевый песок, искусственным — шамот. Плавни применяют для повышения степени спекания глины (каолина) и снижения температуры спекания. Толщина помола в этих массах не превышает 0,05 мм. Шликерный способ приготовления характеризуется тем, что помол сырьевых материалов и смешивание их производится в воде. При сухом способе каждый вид сырья отдельно высушивается, дробится, потом все смешивают, а затем увлажняют до заданной влажности. Используются для производства санитарно-строительной керамики.

**Трепел** состоит в основном из сферических телец, лишен органических остатков. Используется при производстве цементов, пористых заполнителей.

**Туф** (известковый) образуется в результате осаждения карбоната кальция как из горячих, так и из холодных источников. Используется в цементной промышленности, при изготовлении стеновых материалов и т. д.

**Шлаковая пемза** получается путем искусственного вспучивания расплавов доменных шлаков. Искусственно введенные в шлаковый расплав газы или водяные пары, встречая препятствия со стороны вязкого расплава, вспучивают его.

**Щебень** — смесь угловатых обломков, полученных в результате дробления скальных пород механическим путем. Наилучшей формой зерен щебня считается кубическая и тетраэдрическая, значительно хуже



## ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ П

пластинчатая или лещадная. Щебень широко применяют в виде крупного заполнителя в составе бетонов и железобетонных конструкций, для устройства дорожных покрытий автомагистралей, щебенчатых оснований при сооружении автострад, в дренажных сооружениях и т. д. В зависимости от крупности зёрен классифицируют на очень крупный – величиной зерна от 70 до 150 мм, крупный — от 70 до 40 мм, средний — от 40 до 25 мм, мелкий — от 25 до 15 мм, клинец — от 15 до 10 мм и каменную щёлочь — от 10 до 5 мм.

**Щебень вспученный перлитовый** получают путем термической обработки перлитовых пород. Применяется в качестве заполнителей в теплоизоляционных бетонах.

**Ячеистые бетоны** являются разновидностью легких бетонов с равномерно распределенными порами (до 85 % от общего объема бетона). Получают пористую структуру методами: газообразованием (газосиликат, газобетон, газошлакобетон и др.); пенообразованием (пенобетоны, шлакощелочные пенобетоны и др.). Подготовку сырьевых материалов осуществляют несколькими способами: сухим отдельным помолом компонентов, сухим совместным помолом и комбинированным способом подготовки сырьевых материалов, при котором вяжущие компоненты измельчают сухим способом с частью (15–20 %) кремнеземистого материала, а основную часть последнего размалывают мокрым способом в виде шлама. Последний способ получил наибольшее распространение.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бастрыкин А. И. Организация промышленных предприятий строительной индустрии / А. И. Бастрыкин. — М. : Высш. школа, 1983. — 240 с.
2. Белецкий Б. Ф. Строительные машины и оборудование: справочное пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников строительных организаций, студентов вузов и техникумов / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. — М. : Феникс, 2005. — 608 с.
3. Гальперин М. И. Строительные машины / М. И. Гальперин, Н. Г. Домбровский. — М. : Высш. школа, 1980. — 344 с.
4. Гончаров Н. В. Строительные машины : учеб.-метод. пособ. / Н. В. Гончаров. — Томск : Изд-во Том. гос. арх.-строит. ун-та, 2012. — 72 с.
5. Гусев С. Г. Сборник задач по экономике, организации и планированию производства строительных материалов / С. Г. Гусев. — М. : Стройиздат, 1981. — 223 с.
6. Монфред Ю. Б. Организация, планирование и управление предприятиями стройиндустрии / Ю. Б. Монфред, Б. В. Прыкин. — М. : Стройиздат, 1989. — 508 с.
7. Прыкин Б. В. Проектирование и оптимизация технологических процессов заводов сборного железобетона / Б. В. Прыкин. — К. : Вища шк., 1976. — 302 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Елена Евгеньевна Будзило  
Наталья Анатольевна Горовая**

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ  
БАЗЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Практикум

В авторской редакции

Компьютерная вёрстка  
Художественное оформление обложки

Л. М. Исмаилова  
Н. В. Чернышова

---

Заказ № 218

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> Бумага офс. Печать RISO.

Усл. печат. л. 8.13. Уч.-изд. л. 6.85.

Издательство не несет ответственности за содержание  
материала, предоставленного автором к печати.

Издатель и изготовитель:

Донбасский государственный технический университет  
пр. Ленина, 16, г. Алчевск, ЛНР, 94204

(ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ ЦЕНТР, ауд. 2113, т/факс 2-58-59)

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя и распространителя  
средства массовой информации МИ-СГР ИД 000055 от 05.02.2016.