

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение Краснодарского края

«КРАСНОДАРСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Т.В. Науменко

**РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
САХАРНЫХ ЗАВОДОВ**

Методические указания к расчетной части
при выполнении курсового и дипломного проектирования
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 19.02.04 «Технология сахаристых продуктов»

Краснодар
2021

УДК 36.84
ББК 36.84я723
Н 34

Т.В. Науменко

Методические указания к расчетной части при выполнении курсового и дипломного проектирования для студентов очной и заочной форм обучения специальности 19.02.04 «Технология сахаристых продуктов»

Методические указания "Расчет технологического оборудования сахарных заводов" разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 19.02.04 Технология сахаристых продуктов, утвержденного Министерством образования и науки Российской Федерации приказ № 374 от 22.04.2014г

В учебно-методическом пособии предложена методика расчета основного технологического и общезаводского оборудования сахарных заводов. Даны нормативные показатели для расчетов.

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии технологии и экологии 01.09.2021 г., протокол № 2 .

Табл. 12. Библиогр.: 5 назв.

Рецензенты:

Яндолина Е.В., главный технолог ООО «Динск-Сахар»

Печатается по решению методического совета колледжа

© Краснодарский технический
колледж, 2021

Содержание

Введение	5
1 Расчет основного технологического оборудования	6
1.1 Подъемники свеклы [свеклонасосы]	6
1.2 Порционные весы для свеклы.....	6
1.3 Бункера для свеклы над свеклорезками	6
1.4 Мезголовушки	7
1.5 Преддефекаторы.....	7
1.6 Дефекаторы 1 и 2 ступени основной defeкации	8
1.7 Дефекаторы перед второй сатурацией	9
1.8 Сатураторы сока 1 сатурации	9
1.9 Сатураторы сока 2 сатурации	10
1.10 Вакуум - фильтры сгущенного осадка	10
1.11 Дисковые фильтры	11
1.12 Фильтры-сгустители	12
1.13 Вакуум-аппараты.....	12
1.14 Утфелемешалки.....	13
1.15 Кристаллизаторы горизонтального типа.....	13
1.16 Утфелераспределители	14
1.17 Аффинаторы и клеровочные аппараты	14
1.18 Центрифуги.....	15
1.19 Бункера для белого сахара	16
1.20 Известково - газовые печи.....	17
1.21 Известегасильные аппараты.....	18
1.22 Гидроциклоны известкового молока	18
1.23 Жомосушительные аппараты.....	18
2 Расчет общезаводского оборудования	20
2.1 Элеваторы	20
2.2 Конвейеры грабельные	21
2.3 Конвейеры винтовые (шнеки)	21
2.4 Конвейеры ленточные.....	22
2.5 Виброконвейеры для сахара.....	23
2.6 Центробежные насосы.....	24
2.7 Шестеренчатые насосы.....	24
2.8 Роторные насосы	25
2.9 Вакуум-насосы для конденсаторов	25
2.10 Вакуум-насосы для конденсаторов вакуум-фильтров	26
2.11 Компрессоры для вакуум-фильтров.....	26
2.12 Компрессоры для сатурационного газа	27

2.13 Сборники и мешалки.....	27
3 Вспомогательные данные для расчетов.....	30
3.1 Нормативные плотности продуктов	30
3.2 Насыпные плотности продуктов	31
3.3 Углы естественного откоса материалов и продуктов.....	32
3.4 Теплоемкость продуктов свеклосахарного производства	33
3.5 Количество устанавливаемого резервного оборудования.....	34
Список литературы.....	36

Введение

В методических указаниях даны основные формулы для расчета технологического оборудования, а также нормы и требования, обязательные при проектировании новых, расширении, реконструкции и технологического перевооружении свеклосахарных заводов.

Проектирование свеклосахарных заводов необходимо производить с применением прогрессивных технологий и оборудования, обеспечивающих ко времени ввода в действие соответствие их новейшим достижениям науки и техники.

При проектировании коэффициент использования мощности основного технологического оборудования в период производства принимать равным 1.0.

Расчет технической производительности технологического оборудования производить из условия переработки свеклы при непрерывной работе завода в течение 24 часов, нормативном качестве и количестве поступающих и отводимых продуктов, оптимальном режиме работы, обеспечивающем соблюдение установленных технико-экономических показателей работы оборудования. Резервное оборудование при расчете мощности не учитывать.

Расчет и выбор количества технологического оборудования производить по паспортным данным заводов-изготовителей.

В случае реконструкции или технического перевооружения свеклосахарного завода с повышением его мощности строить график мощности основного технологического оборудования и по принятой мощности осуществлять его выбор.

Результаты расчета целесообразно сводить в таблицы.

1 РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1 Подъемники свеклы [свеклонасосы]

Техническая производительность свеклонасосов, А т/сут.:

$$A = \frac{24 \cdot 100 \cdot P \cdot g}{a}, \quad (1)$$

где Р - производительность рабочих насосов, м³/ч,
[принимать по паспортным данным];
а - количество перекачиваемой смеси, % к массе свеклы;
g- объемная масса свекловодяной смеси, т/м³.

Нормативы:

$$a = 1000 \%;$$
$$g = 1,00 \text{ т/м}^3.$$

1.2 Порционные весы для свеклы

Техническая производительность весов А т/сут:

$$A = 1440 \cdot M \cdot n, \quad (2)$$

где М- масса одной порции свеклы, взвешиваемой на весах, т;
n -максимально возможная частота отвесов, производимая
весами, мин⁻¹[принимать по паспортным данным].

1.3 Бункера для свеклы над свеклорезками

Полная вместимость бункеров, V м³:

$$V = \frac{A \cdot Z}{1440 \cdot g}, \quad (3)$$

где А - техническая производительность завода, т/сут;
g - насыпная плотность свеклы в бункере, т/м³;
Z- длительность пребывания свеклы в бункере, мин.

Нормативы.

$$g = 0,5 \text{ т/м}^3;$$
$$Z = 25 \text{ мин.}$$

1.4 Мезголоушки

Техническая производительность ротационных мезголоушек, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot 60 \cdot F \cdot g \cdot U}{a}, \quad (4)$$

где F - общая площадь активной фильтрующей поверхности сит, м²;

U - скорость фильтрования продукта, м³/(м²с);

g - плотность продукта, т/м³;

a - количество продукта, % к массе свеклы.

Нормативы.

Для диффузионного сока:

$$U = 0,01 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{с}),$$

$$g = 1,064 \text{ т/м}^3$$

Для жомопрессовой воды:

$$U = 0,0083 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{с}),$$

$$g = 1.05 \text{ т/м}^3.$$

1.5 Преддефекторы

Техническая характеристика преддефектора, А т/сут:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot g \cdot \phi}{a \cdot z}, \quad (5)$$

где V - полная вместимость преддефектора, м³;

φ - коэффициент заполнения;

a - количество преддефекованного сока с учетом возврата сгущенной суспензии сока второй сатурации и нефильтрованного сока первой сатурации; % к массе свеклы;

g - плотность преддефекованного сока, т/м³

z - длительность преддефекации, мин.

Нормативы представлены в таблице 1

Таблица 1- Нормативы

Наименование	Горизонтальные преддефекаторы		Вертикальные преддефекаторы	
	холодная	теплая	теплая	горячая
Температура процесса, °С	40-50	50-60	50-60	более 60
Количество возврата, % к массе свеклы: сгущенная суспензия	6-10	6-10	6-10	6-10
Количество возврата, % к массе свеклы: сгущенная суспензия	6-10	6-10	6-10	6-10
сок первой сатурации	100	100	100	100
Длительность процесса преддефекации, мин	30	15	15	7
Плотность преддефекованного сока:т/м ³	1.07	1.07	1.07	1.07
Примечание - для аппаратов производительностью: до 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.7$ свыше 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.85$				

1.6 Дефекаторы 1 и 2 ступени основной defeкации

Техническая производительность дефекатора, А т/сут.

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot \phi \cdot g}{a \cdot z}, \quad (6)$$

где V - полная вместимость дефекатора, м³;
 ϕ - коэффициент заполнения;
a - количество defeкованного сока (с учетом возвратов на преддефекатор), % к массе свеклы;
g - плотность defeкованного сока: т/м³;
z - продолжительность defeкации, мин.

Нормативы:

Для аппаратов производительностью:

до 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.7$

свыше 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.85$

Для всех производительностей:

1 ступень: при холодном процессе $z=30$ мин,

при теплом процессе $z = 20$ мин.
 2 ступень (горячая) $z = 10$ мин.
 $g = 1.08$ т/м³

1.7 Дефекторы перед второй сатурацией

Техническая производительность дефекторов, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot \phi \cdot g}{a \cdot z}, \quad (7)$$

где V - полная вместимость дефекатора, м³;
 φ - коэффициент заполнения;
 а - количество дефекованного сока (равно сумме количества
 фильтрованного сока первой сатурации и известкового молока
 на дефекацию), % к массе свеклы;
 g - плотность дефекованного сока, т/м³;
 z - продолжительность дефекации, мин.

Нормативы.

Для аппаратов производительностью:

до 3 тыс. тонн свеклы в сутки

$$\phi = 0.7$$

свыше 3 тыс. тонн свеклы в сутки

$$\phi = 0.85$$

$z = 5$ мин,

$g = 1.08$ т/м³.

1.8 Сатураторы сока 1 сатурации

Техническая производительность сатураторов, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot \phi \cdot g}{a \cdot z}, \quad (8)$$

где V - полная вместимость сатуратора, м³;
 φ - коэффициент заполнения;
 а - количество сатурированного сока (без учета сока рецирку-
 ляции в аппарате, но с учетом возвратов на преддефекацию
 и смывов с фильтров второй сатурации), % к массе свеклы;
 g - плотность нефильтованного сатурированного сока, т/м³;
 z - продолжительность сатурации, мин.

Нормативы:

Для аппаратов производительностью:

до 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.8$,
 свыше 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.4$.
 $z = 10$ мин. $g = 1.09$ т/м³.

1.9 Сатураторы сока 2 сатурации

Техническая производительность сатураторов, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot \varphi \cdot g}{a \cdot z}, \quad (9)$$

где V - полная вместимость сатуратора, м³;
 φ - коэффициент заполнения;
 а - количество сатурированного сока, % к массе свеклы;
 g - плотность нефильтрованного сатурированного сока, т/м³;
 z - продолжительность сатурации, мин.

Нормативы:

Для аппаратов производительностью:

до 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.4$

свыше 3 тыс. тонн свеклы в сутки $\varphi = 0.55$

$z = 10$ мин.

$g = 1.06$ т/м³.

1.10 Вакуум - фильтры сгущенного осадка

Техническая производительность фильтров, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 60 \cdot F \cdot U \cdot \varphi \cdot g}{(a - 2c) \cdot M}, \quad (10)$$

где F - общая поверхность фильтрования рабочих фильтров, м²;
 φ - коэффициент использования поверхности фильтрования;
 U - скорость активного фильтрования, м³/(м²с);
 а - количество нефильтрованного сока 1 сатурации (с учетом возвратов на преддефекцию и смывов с фильтров 2 сатурации), % к массе свеклы;
 с - количество извести, направляемое на очистку сока, % к массе свеклы;
 М - количество отделяемого на фильтрах сока, % к общему количеству жидкой фазы нефильтрованного сока первой сату-

рации;
 g - плотность жидкой фазы нефильтрованного сока, т/м³.

Нормативы:

$$\varphi = 0.3; \quad M = 20\%; \quad g = 1.055 \text{ т/м}^3;$$

для вакуум - фильтров со сходящим полотном

$$U = 3.0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{с});$$

для вакуум - фильтров с фиксированным полотном

$$U = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{с}).$$

1.11 Дисковые фильтры

Дисковые фильтры допускаются:

- а) устанавливать вновь для фильтрования:
 - сульфитированного сока;
 - сульфитированного сиропа с клеровкой;
- б) сохранять на действующих заводах для фильтрования сока 2 сатурации.

Техническая производительность фильтров, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot 60 \cdot F \cdot U \cdot g}{a}, \quad (11)$$

где F - общая площадь поверхности фильтрации рабочих фильтров, м²;
 g - плотность жидкой фазы сока (сиропа), т/м³;
 a - количество фильтрованного сока (сиропа), % к массе свеклы;
 U - средняя скорость фильтрования, м³/м²с.

Нормативы:

Для сульфитированного сока, сока 2 сатурации (контрольное фильтрование) $U = 1.3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{с});$

для сиропа с клеровкой

$$U = 3.3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{с});$$

$$g_{\text{сока}} = 1.055 \text{ т/м}^3;$$

$$g_{\text{сиропа}} = 1.32 \text{ т/м}^3.$$

1.12 Фильтры-сгустители

К установке принимать листовые саморазгружающиеся фильтры-сгустители.

Техническая мощность фильтров, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 60 \cdot F \cdot U \cdot g \cdot Z_1}{(a - 2c) \cdot M \cdot (Z_1 + Z_2)}, \quad (12)$$

- где F - общая площадь поверхности фильтрования рабочих фильтров (без резервных), м² ;
U - скорость активного фильтрования, м³ / (м² * с);
a - количество нефильтрованного сока, % к массе свеклы;
c - количество извести направляемой на очистку, % к массе свеклы;
M- количество фильтрованного сока, прошедшее через фильтры, % к массе жидкой фазы нефильтрованного сока;
Z₁- длительность активного фильтрования, мин.;
Z₂- длительность вспомогательных операций, мин.

Нормативы:

$$U = 1.4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ с})$$

$$Z_1 = 38 \text{ мин}$$

$$M = 80\%$$

$$Z_2 = 8 \text{ мин}$$

1.13 Вакуум – аппараты

Техническая производительность периодически действующих вакуум - аппаратов, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot M}{a \cdot z}, \quad (13)$$

- где M - масса одной вари утфеля всех аппаратов данного продукта, т;
a - выход сваренного утфеля данного продукта, % к массе свеклы;
z - длительность одного полного оборота аппарата данного продукта, мин

$$z = z_1 + z_2$$

z₂ - длительность вспомогательных операций, мин.;

z₁ - длительность активной работы аппарата, мин.

Нормативы представлены в таблице 2

Таблица 2 - Нормативы

Вакуум -аппараты	Чистота (Дб) увариваемых продуктов	Z ₁ , мин.		Z ₂ , мин
		без рециркулято- ра	с циркулято- ром	
При трехкристаллиза- ционной схеме Утфеля 1 кристаллиза- ции	94 и выше	145	130	15
	92-93	160	145	15
	90-91	195	175	15
	89-90	210	190	15
	85-87	275	235	25
	83-84	305	260	25
	Утфеля 2 кристаллиза- ции	78-77	375	285
	76-75	555	420	45
Утфеля 3 кристаллиза- ции	74 и ниже	795	600	55
При двухкристаллиза- ционной схеме Утфеля 1 кристаллиза- ции	92-93 и выше	175	160	15
	90-91	210	190	15
	88	250	225	15
	78-77	370	315	45
	Утфеля 2 кристаллиза- ции	76-75	555	475

1.14 Утфелемешалки

Полная вместимость утфелемешалки, V м³:

$$V=1.2 \cdot V_B \quad (14)$$

где V_B - полезная вместимость наибольшего вакуум - аппарата соответствующего утфеля, м³.

1.15 Кристаллизаторы горизонтального типа

Техническая производительность кристаллизаторов горизонтального типа, А т/сут.:

$$A = \frac{24 \cdot 100 \cdot V \cdot g \cdot \phi}{a \cdot z}, \quad (15)$$

где V - общая полная вместимость всех кристаллизаторов, м^3 ;
 ϕ - коэффициент заполнения;
 g - плотность утфеля при температуре кристаллизации, $\text{т}/\text{м}^3$;
 a - количество утфеля, % к массе свеклы;
 z - общая длительность кристаллизации (охлаждение и подогрев), ч.

Нормативы:

$$\phi = 0.9; \quad g = 1.45;$$

при трехкристаллизационной схеме $z = 34\text{ч}$;

при двухкристаллизационной схеме $z = 28\text{ч}$.

Площадь поверхности теплообмена для горизонтальных кристаллизаторов с дисковой поверхностью теплообмена принимать из расчета 1.65 м^2 на 1 м^3 емкости кристаллизатора.

1.16 Утфелераспределители

Техническую характеристику утфелераспределителей принимать по паспортным данным с учетом габарита фронта центрифуг данной группы (с резервом) и из условия:

$$V = (1.5-2.0)V_{\text{ц}}, \quad (16)$$

где V - полная вместимость утфелераспределителя, м^3 ;
 $V_{\text{ц}}$ - объем разовой загрузки утфеля в ротор центрифуг данной группы (с резервной).

1.17 Аффинаторы и клеровочные аппараты

Техническая производительность аффинаторов и клеровочных аппаратов, A т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot g \cdot \phi}{a \cdot z} \quad (17)$$

где V - полная вместимость аппарата, м^3 ;
 ϕ - коэффициент заполнения;
 a - количество продукта, % к массе свеклы;
 g - плотность продукта, $\text{т}/\text{м}^3$;
 z - длительность процесса, мин.

Нормативы:

$$\varphi = 0.9;$$

$$g = 1.45 \text{ т/м}^3;$$

для аффинатора $z = 20$ мин.;

для клеровочного аппарата $z = 15$ мин.

1.18 Центрифуги

К установке принимать:

- для утфелей первой кристаллизации - автоматизированные быстроходные центрифуги периодического действия с программным управлением;

- для утфелей промежуточной и последней кристаллизации, а также аффинационного утфеля - центрифуги непрерывного действия или автоматизированные быстроходные центрифуги периодического действия с программным управлением.

Техническая производительность центрифуг периодического действия, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot M \cdot \eta}{a \cdot z}, \quad (18)$$

где M - разовая загрузка роторов всех центрифуг данного утфеля без учета резервных, принимать по паспортным данным, т;
 a - количество утфеля данной кристаллизации, % к массе свеклы;
 η - эксплуатационный коэффициент;
 z - длительность одного цикла работы центрифуги, мин.

Нормативы:

Для утфеля 1 кристаллизации:

при 1450 об/мин. $z = 3.5$ мин.

при 1000 об/мин. $z = 4.0$ мин.

Для утфеля промежуточной кристаллизации и аффинационного утфеля $z = 8$ мин.

Для утфеля последней кристаллизации при 1450 об/мин.;

при двух кристаллизациях $z = 14$ мин.

при трех кристаллизациях $z = 16$ мин.

Для утфеля первой и промежуточной кристаллизации $\eta = 0.9$

Для утфеля последней кристаллизации $\eta = 0.8$.

На заводах действующей базы, при отсутствии паспортных данных, загрузка утфеля в ротор с плоским дном, А т :

$$M = \frac{3.14 \cdot (D^2 - d^2) \cdot h \cdot g}{4}, \quad (19)$$

где D - внутренний диаметр фильтрующего сита ротора, м;
d - диаметр загрузочного проема ротора, м
h - высота ротора, м;

Нормативы:

Для утфелей всех кристаллизаций $g=1.45 \text{ т/м}^3$.

Техническая производительность центрифуг непрерывного действия, А т/сут.:

$$A = \frac{24 \cdot 100 \cdot M}{a} \quad (20)$$

где a - количество утфеля данной кристаллизации, % к массе свеклы;
M - часовая производительность всех центрифуг данного утфеля, без учета резервных, принимать по паспортным данным, т/ч.

1.19 Бункера для белого сахара

Число бункеров принимать в зависимости от количества распределяемых фракций и условий компоновки, но не менее трех.

Полная вместимость бункеров, V м³:

$$V = \frac{A \cdot a \cdot z}{24 \cdot 100 \cdot g}, \quad (21)$$

где A - техническая производительность завода, т/сут.;

g - насыпная плотность сахара, т/м³;

a - выход сахара, % к массе свеклы (принимать по расчету продуктов, но не менее 15% к массе свеклы);

z - длительность пребывания сахара в бункере, час.

Полезная вместимость бункера рассчитывается с учетом расположения сахара в бункере.

Нормативы:

z = 16 часов, g = 0.8 т/м³.

1.20 Известково - газовые печи

К установке принимать печи шахтного типа со скиповым подъемником.

Техническую производительность принимать по паспортным данным.

Проверку технической производительности, А тонны СаО/сут., производить по выражению:

$$A = \frac{78,5 \cdot D^2 \cdot a}{k \cdot c}, \quad (22)$$

где с - суммарный расход извести с учетом известкования:

транспортно-моечной воды - 0.11 - 0.25;

лаверных вод - 0.02 ;

на обработку склада свеклы - 0.1 - 0.2, % к массе свеклы;

к - коэффициент, учитывающий потери извести при обжиге, гашении и очистке;

а - удельный объем извести с 1 м² поперечного сечения печи в сутки, тонны СаО/(м²сут.), принимать по таблице 3;

D - внутренний диаметр шахты печи, м, принимать по паспортным данным.

Диаметр шахты для печей с конической шахтой принимать по диаметру на уровне 4.0 - 4.5 м над уровнем выгрузки извести.

Нормативы:

$$K = 1.1$$

Таблица 3- Удельный съем извести, тонны СаО/(м²сут.)

Тип печи	Удельный съем извести, тонны СаО/(м ² сут.)
1. Печи ИШП-100 и Ш1 - ПШИ-100 2. Печи зарубежной поставки	не менее 11.1 принимать по паспортным данным, а при их отсутствии 10
3. Существующие печи сахарных заводов (кроме указанных в п.1 и 2)	7 – 10
4. Печи на мазуте	до 16

1.21 Известкесильные аппараты

Техническая производительность аппаратов, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot \phi \cdot g}{k \cdot 5 \cdot c \cdot z}, \quad (23)$$

- где с - суммарный расход извести (см.п.2.20.),% к массе свеклы;
z - длительность гашения, мин.;
φ - коэффициент заполнения аппарата, принимается по паспортным данным аппаратов, в среднем 0.25;
V - полный объем аппаратов;
g - плотность известкового молока, т/м³;
k - коэффициент, учитывающий потери извести при обжиге, гашении и очистке.

Нормативы:

$$z = 15 \text{ мин.}; \quad k = 1.2.$$

1.22 Гидроциклоны известкового молока

Техническая производительность гидроциклонов, А т/сут.:

$$A = \frac{24 \cdot 100 \cdot P \cdot g}{K \cdot 5 \cdot C}, \quad (24)$$

- где P - общая производительность рабочих гидроциклонов (без резервных), м³/ч; производительность одного гидроциклона принимать по паспортным данным;
g - плотность известкового молока, т/м³;
C - суммарный расход извести (см.п.2.20.),% к массе свеклы;
K - коэффициент, учитывающий потери извести при очистке.

Нормативы:

$$K = 1.1$$

1.23 Жомосушительные аппараты

Техническая производительность аппаратов (по сушеному жому), А_{сж} т/сут.

$$A_{сж} = \frac{24 \cdot V \cdot W \cdot CB_{пж} \cdot (100 - П_c)}{1000 \cdot \omega \cdot CB_{сж}}, \quad (25)$$

- где $A_{сж}$ - техническая производительность жомосушильных аппаратов по сушеному жому, т/сут.;
- V - общий объем жомосушильных аппаратов, м³;
- W - влагонапряжение единицы объема аппаратов, кг/(м³ч);
- $СВ_{пж}$ - содержание сухих веществ в прессованном жоме, направляемом на сушку, % к массе прессованного жома;
- $СВ_{сж}$ - содержание сухих веществ в сушеном жоме, % к массе сушеного жома;
- $Пс$ - потери сухих веществ в сушеном жоме, % к сухим веществам прессованного жома;
- ϖ - количество воды, испаряемой при сушении жома, % к массе прессованного жома;

$$\varpi = \frac{СВ_{сж} - СВ_{пж}}{СВ_{сж}} * 100, \quad (26)$$

Нормативы:

Для жомосушильных аппаратов:

диаметром 2.4 м $w = 170$ кг/(м³ч);

диаметром 3.0 м $w = 160$ кг/(м³ч);

диаметром 3.5 м $w = 150$ кг/(м³ч);

диаметром 4.0 м $w = 140$ кг/(м³ч);

$Пс = 3\%$ $СВ_{сж} = 88\%$

2 РАСЧЕТ ОБЩЕЗАВОДСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Элеваторы

Техническая производительность элеваторов, А т/сут.:

$$A = \frac{86400 \cdot 100 \cdot V \cdot U \cdot \phi \cdot g}{a \cdot s}, \quad (27)$$

где V - полная вместимость карманов, м³;
 φ - коэффициент заполнения карманов (таблица 4);
 g - насыпная плотность материала, т/м³(таблица 4);
 U - скорость движения карманов, м/с (таблица 4);
 s - шаг карманов, м (по паспортным данным);
 а - количество транспортируемого материала, % к массе свеклы.

Нормативы: таблица 4

Таблица 4 - Нормативы

Элеватор	Скорость движения карманов, U, м/с	Коэффициент заполнения, φ	Насыпная плотность материала, g т/м ³
Для свеклы на роliko-втулочных цепях	0.8	0.6	0.60
Для свеклы на корабельных цепях	0.65	0.6	0.60
Для хвостиков и боя свеклы	0.8	0.6	0.5
Для стружки	1.0	0.7	0.45
Для свежего и предварительно отжатого жома	0.8	0.7	0.60
Для отжатого жома	1.0	0.5	0.50
Для сушенного жома	1.5	0.7	0.25
Для недосушенного жома	1.5	0.7	0.35
Для гранулированного жома	1.5	0.7	0.60
Для сахара, на ленточной тяге	2.0	0.75	0.80
Для сахара, на цепной тяге	1.5	0.75	0.80
Для сахара, наклонный, на цепной тяге	1.5	0.75	0.80
Отходы моечного и известкового отделения	0.6	0.7	1.25-1.6

2.2 Конвейеры грабельные

Техническая производительность конвейеров, А т/сут.:

$$A = \frac{86400 \cdot 100 \cdot B \cdot h \cdot U \cdot k \cdot g \cdot \phi}{a}, \quad (28)$$

где В - общая ширина желобов конвейеров, м;
h - высота слоя продукта в желобе, м, принимать по высоте желоба, но не более 0.2 м ;
U - скорость движения грабель, м/с ;
g - насыпная плотность продукта, т/м³ (таблица 4);
φ - коэффициент заполнения желоба;
а - количество продукта, % к массе свеклы;
к - коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера.

Нормативы:

U - не более 0.8 м/с;	φ = 0.6.
при угле 0-10 ⁰	к = 1
при угле 20 ⁰	к = 0.85
при угле 30 ⁰	к = 0.75
при угле 35 ⁰	к = 0.6
при угле 40 ⁰	к = 0.5
при угле 45 ⁰	к = 0.4

2.3 Конвейеры винтовые (шнеки)

Техническая производительность конвейеров, А т/сут.:

$$A = \frac{1130 \cdot 100 \cdot D^2 \cdot n \cdot s \cdot k \cdot \phi \cdot g}{a}, \quad (29)$$

где D - диаметр винта, м;
s - шаг винта, м (при отсутствии данных принимать 0.8D);
φ - коэффициент заполнения корпуса конвейера;
g - насыпная плотность транспортируемого материала, т/м³ (таблица 4);
n - частота вращения винта, мин⁻¹ (таблица 5)

а - количество транспортируемого материала, % к массе свеклы;
 к - коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера.

Нормативы:

При угле 0° к = 1.0;
 при угле 5° к = 0.9;
 при угле 10° к = 0.8
 при угле 15° к = 0.7
 при угле 20° к = 0.65
 при угле 25° к = 0.6

При отсутствии внутренних подшипников φ = 0.5 - 0.6;

при наличии внутренних подшипников φ = 0.15 - 0.25.

Таблица 5- Нормативы

Диаметр винта, мм	Транспортируемый материал			
	Неотжатый и отжатый жом, хвостики, фильтрационный осадок		Желтый и аффинированный сахар, комки сахара	
	Частота вращения винта, мин ⁻¹			
	рекомендуемая	максимальная	рекомендуемая	максимальная
200	35-40	00	40-45	70
250	35-40	90	35-40	60
300	30-35	90	25-30	50
400	20-30	70	25-30	50
500	20-30	60	25-30	40
600	20-30	60	25-30	40
700	20-30	55	20-25	35

3.4 Конвейеры ленточные

Техническая производительность конвейеров с насыпным грузом, А т/сут:

$$A = \frac{24 \cdot 100 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot B^2 \cdot U \cdot g}{a}, \quad (30)$$

где K₁ - коэффициент, зависящий от формы ленты;
 В - ширина ленты, м;

g - насыпная плотность транспортируемого материала, т/м³ (табл. 4),
 U - скорость движения ленты, м/с (таблица 6);
 a - количество транспортируемого материала,% к массе свеклы;
 K_2 - коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера.

Нормативы:

При угле 0-10° $K_2 = 1$
 при угле 11-13° $K_2 = 0.95$
 при угле 14-16° $K_2 = 0.9$
 при угле 17-20° $K_2 = 0.85$
 при угле 21-24° $K_2 = 0.8$
 при угле 25-28° $K_2 = 0.75$
 Для желобчатой ленты $K_1 = 27$ Для плоской ленты $K_1 = 150$

Таблица 6- Нормативы

Конвейер	Максимально допустимая скорость движения ленты, м/с	Максимально допустимый угол наклона конвейера, градус
Для свеклы	1,6	12
Для стружки	2.0	18
Для отходов легких примесей	1.6	25
Для отжатого жома	1.6	25
Для сухого сахара	1.6	18
Для влажного сахара	1.6	18
Для гранулированного жома	1.6	15
Для известняка	2.0	18

2.5 Виброконвейеры для сахара

Техническая производительность конвейеров для белого сахара под центрифугами, A т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot 60 \cdot U \cdot B \cdot h \cdot g}{a}, \quad (31)$$

где g - плотность сахара, т/м³ (таблица 4);
 B - ширина желоба конвейера, м;

а - количество сахара, % к массе свеклы (принимать по расчету продуктов, но не менее 15%);
 h - средняя толщина слоя сахара в желобе, м;
 U - скорость движения сахара, м/с;

$$U = 0.21 \cdot n \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot f, \quad (32)$$

r - радиус кривошипа, м;
 f - коэффициент трения скольжения сахара о желоб;
 n - частота вращения кривошипа, мин⁻¹;
 α - угол наклона пружины к вертикали, градусы.

Нормативы:

$$h = 0.5 \text{ м} \qquad f = 0.3$$

2.6 Центробежные насосы

Центробежные насосы выбирать по характеристическим кривым расхода (Q) и полного напора (H). Полный напор рассчитывать с учетом высоты подъема продукта и всех сопротивлений трассы, включая сопротивления, создаваемые арматурой и датчиками системы автоматизации. Для трасс, оснащенных регулирующими органами, предусматривать запас по напору до 20%.

Подачу продукта насосом определять по формуле, Q м³/ч:

$$Q = \frac{A \cdot a \cdot K}{100 \cdot 24 \cdot g}, \quad (33)$$

где A - мощность завода, тонн свеклы в сутки;
 а - количество перекачиваемого продукта, % к массе свеклы;
 g - плотность продукта, т/м³;
 К - коэффициент неравномерности потока продукта.

Нормативы:

$$K = 1.15$$

2.7 Шестеренчатые насосы

Техническая производительность насосов, А т/сут.:

$$A = \frac{24 \cdot 100 \cdot Q \cdot g}{a \cdot K}, \quad (34)$$

где К - коэффициент неравномерности;
 а - количество перекачиваемого продукта, % к массе свеклы;

g - плотность продукта, т/м³;

Q - подача насоса, м³/ч, принимать по паспорту насосов или определять расчетом:

$$Q = \frac{3.14 \cdot (D^2 - d^2) \cdot B \cdot \phi \cdot n \cdot 60}{4}, \quad (35)$$

где D - наружный диаметр шестерен, м;
 d - диаметр впадин шестерен, м;
 B - длина шестерни (зуба), м;
 n - частота вращения шестерен, мин⁻¹;
 ϕ - коэффициент заполнения насоса.

Нормативы:

$$K = 1.1$$

$$\phi = 0.6$$

2.8 Роторные насосы

Техническая производительность насосов, А т/сут.:

$$A = \frac{24 \cdot 100 \cdot Q \cdot g}{a \cdot K}, \quad (36)$$

где K - коэффициент неравномерности;

a - количество перекачиваемого продукта, % к массе свеклы;

g - плотность перекачиваемого продукта, т/м³;

Q - подача насоса, принимать по паспорту насоса или определять по формуле, м³/ч:

$$Q = 2 \cdot 60 \cdot V \cdot n, \quad (37)$$

где V - объем заполнения насоса, м³;

n - частота вращения ротора, мин⁻¹

Нормативы:

$$K = 1.2$$

2.9 Вакуум-насосы для конденсаторов

K установке принимать ротационные водокольцевые вакуум-насосы.

Техническая производительность насосов, А т/сут.:

$$A = \frac{Q \cdot 1440}{10 \cdot V_n}, \quad (38)$$

где Q - количество отсасываемого насосом воздуха, м³/мин,

принимать по паспортным данным;

V_0 - удельный объем отсасываемого насосом воздуха, м³ на 100 кг свеклы:

$$V_c = \frac{0.0688 \cdot a \cdot (273 \div t_0) \cdot K}{760 - P_0}, \quad (39)$$

где t_0 - температура воздуха, поступающего на насос, град.;

P_0 - разрежение у насоса, мм.рт.ст.;

a - количество пара, поступающего в конденсатор, % к массе свеклы;

K - коэффициент неравномерности отбора пара.

Нормативы:

$$t_0 = 25^{\circ}\text{C};$$

$$P_0 = 670 \text{ мм.рт.ст.};$$

$$K = 1.2$$

Количество пара от периодически действующих вакуум-аппаратов:

$$\text{утфеля 1 кристаллизации} \quad a = 14.2\%$$

$$\text{утфеля 2 кристаллизации} \quad a = 3.3\%$$

$$\text{утфеля 3 кристаллизации} \quad a = 1.8\%$$

2.10 Вакуум-насосы для конденсаторов вакуум-фильтров

К установке принимать ротационные водокольцевые вакуум-насосы.

Подача насосов, Q м³/мин.

$$Q = F * V_0, \quad (40)$$

где F - общая фильтрующая поверхность рабочих вакуум-фильтров, м²;

V_0 - удельный расход воздуха на 1 м² фильтрующей поверхности вакуум-фильтров, м³/(м²мин.)

Нормативы:

Для вакуум-фильтров малого погружения: $V_0 = 0.65$ м³/(м²мин.)

2.11 Компрессоры для вакуум-фильтров

К установке принимать ротационные водокольцевые компрессоры или турбокомпрессоры.

Подача компрессоров, Q м³/мин.

$$Q = F \cdot V_0, \quad (41)$$

где F - общая фильтрующая поверхность рабочих вакуум-фильтров, м²;

V_0 - удельный расход воздуха на 1 м² фильтрующей поверхности фильтров, м³/(м²мин.)

Нормативы:

Для вакуум-фильтров малого погружения:

$$V_0 = 0.12 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{мин.}).$$

2.12 Компрессоры для сатурационного газа

К установке принимать ротационные или поршневые компрессоры.

Техническая производительность компрессоров, А т/сут.;

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot Q}{K \cdot C \cdot V_{\text{г}}}, \quad (42)$$

где Q - объемная подача газа рабочих компрессоров(без резервных), м³/мин.;

K - коэффициент, учитывающий потери извести при обжиге, гашении, очистке;

C - суммарный расход извести всеми потребителями (см. п. 2.20), % к массе свеклы;

V_г- удельный объем печных газов (при 20⁰С и давлении 1013 кПа) на 1 тонну СаО, м³.

Нормативы:

$$V_{\text{г}} = 2100 \text{ м}^3$$

$$K = 1.2$$

2.3 Сборники и мешалки

Техническая производительность сборников, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V_n \cdot g}{a \cdot Z}, \quad (43)$$

где V_n - общая полезная вместимость сборников, м³ (объем на 200 мм ниже верхнего края сборников сока, сиропа, промоя, воды, конденсата и на 400 мм дл сборников оттеков и мелассы);

g - плотность продукта, т/ м³;

a - количество продукта, % к массе свеклы;

Z - расчетная длительность пребывания продукта в сборнике, мин (таблица 7).

Техническая производительность мешалки, А т/сут.:

$$A = \frac{1440 \cdot 100 \cdot V \cdot \phi \cdot g}{a \cdot Z}, \quad (44)$$

где V - полная вместимость мешалки, м³;

φ - коэффициент заполнения мешалки;

a - количество продукта, % к массе свеклы:

для мешалок известкового молока;

$$a = 5 \cdot C_1; \quad (45)$$

для мешалки фильтрационного осадка:

$$a = 20 \cdot (C_2 + b). \quad (46)$$

C_1 - суммарный расход извести, % к массе свеклы;

b - расход фильтровального порошка на все группы фильтров, % к массе свеклы;

C_2 - расход извести на очистку сока, % к массе свеклы;

Z - расчетная длительность пребывания продукта мешалке, мин.
(таблица 7);

g - плотность продукта, т/м³.

Нормативы:

Для мешалок известкового молока до и после гидроциклонов и перед аппаратами очистки и для периодически действующих клеровочных мешалок $\varphi = 0.9$. Для мешалки фильтрационного осадка $\varphi = 0.8$

Таблица 7-Нормативы

Наименование жидкости, сборника, мешалки	Длительность пребывания, мин. или вместимость, м ³	Примечание
Сборник жомпрессовой воды после пульповоловушек	5-7	
Мешалка жомпрессовой воды перед диффузией	10	
Сборник диффузионного сока перед дефексатурацией	10	
Мешалки нефильтрованного сока 1 сатурации	6-8	
Напорный сборник сатурированного сока перед ФИЛС	равен объему фильтра	
Сборник фильтрованного сатурированного сока	6-8	4-5 кратная вместимость
Мешалка суспензии сока 1 (2) сатурации после ФИЛС	5	1 фильтра
Напорно-распределительная мешалка суспензии сока 1 сатурации перед вакуум-фильтрами	5	
Мешалка фильтрационного осадка с вакуум-фильтров	6-8	

Продолжение таблицы 7

Наименование жидкости, сборника, мешалки	Длительность пребывания, мин. или вместимость	Примечание
Сборник сока и промывного фильтрата после вакуум-фильтров	3-5	Объем рассчитывается для создания гидрозатвора
Сборник барометрической воды после конденсатора вакуум-фильтров	6-8	
Сборник нефильтрованного сока 2 сатурации	10-15	
Сборник сульфитированного сока перед дисковыми фильтрами	15-20	
Сборник сульфитированного сока перед выпарной установкой	3	
Сборник сиропа и клеровки после выпарной станции	3-5	
Сборник сульфитированного сиропа		
Напорный сборник сиропа перед дисковыми фильтрами	6-8	
	3-5	
Сборник фильтрованного сиропа		
Клеровочные мешалки желтого сахара 2 кристаллизации	20	
	30	
Сборники оттеков у центрифуг:		
меласса		
1 оттек утфеля 1	30	
2 оттек утфеля 1	30	
1 оттек утфеля 2	30	
Сборники перед вакуум-аппаратами:		
сироп (вместе с клеровкой)	120	
оттеки утфеля 1	180	
оттеки утфеля 2	240	
аффикационный оттек	240	
Аффикатор сахара последней кристаллизации	20	
Клеровочная мешалка сахарной пыли и комков сахара	вместимость 1-1.5 м ³	

3 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ

3.1 Нормативные плотности продуктов

Нормативные плотности продуктов даны при температурах проведения процесса

Таблица 8- Нормативные плотности продуктов

Наименование продукта	Плотность, т/м ³
Свекловодяная смесь в гидротранспортере	1.00
Диффузионный сок	1.064
Жомопрессовая вода	1.05
Барометрическая вода	0.99
Аммиачный конденсат	0.97
Преддефекованный сок	1.07
Дефекованный сок	1.08
Сок 1 сатурации (нефильтрованный)	1.09
Сок 1 сатурации (фильтрованный)	1.055
Сгущенная суспензия сока 1 сатурации	1.19
Сок 2 сатурации (нефильтрованный)	1.06
Сок 2 сатурации (фильтрованный)	1.054
Сульфитированный сок	1.054
Известковое молоко	1.19
Промой вакуум-фильтров	1.02
Сироп (нефильтрованный) при СВ=65%	1.32
Сироп с клеровкой	1.316
Клеровка (нефильтрованная)	1.32
Утфель при спуске аппарата –	
-1 кристаллизации	1.497
- 2 кристаллизации	1.501
- 3 кристаллизации	1.505
Утфель при температуре кристаллизации	1.45
Аффинационный утфель	1.45
Сгущенная суспензия после отстойников	1.10
Оттеки - первый утфеля 1 кристаллизации	1.426
- второй утфеля 1 кристаллизации	1.390
- первый утфеля 2 кристаллизации	1.425
- второй утфеля 2 кристаллизации	1.405
- аффинационный	1.343
Меласса	1.445

3.2 Насыпные плотности продуктов

Таблица 9- Насыпная плотность продуктов

Наименование продукта	Насыпная плотность, т/м ³
Свекла в ковше свекломойки	0.55
Свекла в бункере	0.50
Свекла в элеваторе	0.60
Стружка на грабельном или ленточном конвейере	0.45
Хвостики и обломки свеклы в элеваторе	0.50
Свежий жом на грабельном конвейере	0.60
Отжатый жом в элеваторе	0.50
Сушеный жом насыпью	0.25
Влажный сахар на виброконвейере	0.80
Влажный сахар в элеваторе	0.80
Сушеный сахар на ленточном конвейере	0.75
Сушеный сахар в бункере	0.80
Желтый и аффинированный сахар	0.80
Известняк	1.25-1.6
Фильтрационный осадок сока 1 сатурации, влажностью 50%	1.25
Фильтрационный осадок сока 2 сатурации, влажностью 50%	1.20

3.3 Углы естественного откоса материалов и продуктов

Таблица 10- Углы естественного откоса материалов и продуктов

Материал, продукты	Угол естественного откоса, градусов
Свекла (корни в сухом состоянии свеженасыпанные)	38-42
Стружка свекловичная	60-65
Жом прессованный	45
Жом сушеный	45-60
Сахар-песок белый свеженасыпанный	40-45
Сахар-песок в силосе	33
Известняк в средних кусках	30-45
Известняк в крупных кусках	38
Осадок фильтрационный (из отвалов)	50-60
Кокс	35-50
Уголь каменный	30-45
Зола	27-35
Земля	27-40
Грунт сухой	40-50

3.4 Теплоемкость продуктов свеклосахарного производства

Таблица 11- Теплоемкость продуктов свеклосахарного производства

Наименование продукта	Теплоемкость, кДж/(кг * град)
Жомопрессовая вода	4.19
Сульфитированная вода	4.19
Свекловичная стружка	3.77
Сокостружечная смесь в диффузионных аппаратах колонного и наклонного типов	3.77
Жом из диффузионных аппаратов колонного и наклонного типов	4.19
Циркуляционный сок диффузионных аппаратов колонного типа	3.77
Сок 1 сатурации	3.77
Сок сульфитированный, фильтрованный, перед выпариванием	3.77
Сироп перед сульфитацией	2.51
Сироп с клеровкой в сборниках у вакуум-аппаратов	2.51
Оттеки в сборниках перед вакуум-аппаратами	2.1
Утфель в вакуум-аппаратах	1.87
Клеровка	2.51

3.5 Количество устанавливаемого резервного оборудования

Таблица 12- Количество устанавливаемого резервного оборудования

Наименование оборудования	Количество резервного оборудования
Свеклонасос	1
Свеклорезка	1 на каждую диффузию
Подогреватель циркулирующего сока	1
Подогреватель диффузионного сока	1
Подогреватель преддефекованного сока	1
Подогреватель сока перед 1 фильтрованием	1
Подогреватель сока перед 2 сатурированием	1
Дисковый фильтр	1 на группу из 5
ФИЛСы	по паспортным данным
Вакуум-фильтр	1
Центрифуга	1 на группу из 5
Гидроциклон известкового молока	1 на группу
Насосы	1 на группу
Компрессоры и вакуум-насосы	1 на группу
Вибросито	1
Пресс, вертикальный для жома	1 на группу из 5

Список литературы

1. Азрилевич М.Я. Оборудование сахарных заводов.-3-е изд.-М.; Легкая и пищевая пром-сть, 1982.-392с.
2. Гребенюк С.М., Плаксин Ю.М. и др. Технологическое оборудование сахарных заводов.-М.:КолосС, 2007.-520с
3. Славянский А.А. Проектирование предприятий отрасли: учебник.-М.: ФОРУМ, 2009.-320 с.
4. Славянский А.А. Технологическое оборудование сахарных заводов: классификация, техническая характеристика, компоновка. М.: Издательский комплекс МГУПП, 2006.-120с.
5. Технология сахара: учебник/ Сапронов А.Р., Сапронов Л.А., Ермолаев С.В.- СПб.: ИД «Профессия», 2013.-296 с.

Учебное издание

**РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
САХАРНЫХ ЗАВОДОВ**

Методические указания к расчетной части
при выполнении курсового и дипломного проектирования
для студентов очной и заочной форм обучения специальности 19.02.04
«Технология сахаристых продуктов»

Науменко Татьяна Владимировна

Подписано в печать 10.09.15. Формат 60x84 1/16.

Уч.-изд. л. 6,0. Усл. печ. л. 6,2. Тираж 300 экз.

Заказ № 57

Краснодарский технический колледж
350000 г. Краснодар, ул. Орджоникидзе, 52

