**Пример технологической части курсовой работы по дисциплине «ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ И ИЭТ»**

**Тема курсовой: «Технология материалов и оборудование для производства монокристаллов, материалов и изделий электронной техники»**

***4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ***

4.1. Подбор и определение числа единиц технологического оборудования

4.1.1. Расчёт количества ежегодно осаждаемых подложек (30х24 мм)

Производственная мощность М = 100 тыс. шт. элементов/год.

Брак и безвозвратные потери на отдельных операциях:

- операция химического осаждения — 5%;

- термообработка — 5%;

- фотолитография — 7% (суммарный норматив времени 1 час на одну подложку);

- нанесение контактов — 3%;

- скрайбирование — 15% (норматив времени 25 мин на одну подложку);

- выходной контроль — 60% (норматив времени 2мин на один «чип»).

Отсюда ежегодно для выполнения производственной программы в 100 тыс. шт./год требуется осаждать М\* элементов:

М\* = М/(0,95·0,95·0,93·0,97·0,85·0,4) = 365 тыс. шт./год.

Размеры чувствительного элемента фоторезистора (ФР) — 1,0х1,0 мм, ширина контактной площадки ФР — 1,5 мм. Значит размер прямоугольного чипа — 1х4 мм.

Размеры подложки — 30х24 мм. После осаждения плёнки на подложке с каждой из 4-х её сторон отрезают по 1,5 мм, значит остаётся плёнка площадью (30 — 1,5·2)х(24 — 1,5·2) мм2, или 27х21 мм2. На этой площади с учётом шага между элементами (1 мм) можно разместить максимальное количество чипов — 56 шт. Значит ежегодно нужно осаждать N шт. подложек: N = 365 тыс. шт./56 шт. = 6520 подложек.

**4.1.2. Расчёт числа единиц технологического оборудования**

Технологическим оборудованием являются:

- термостат;

- печь для термообработки;

- оборудование на линии фотолитографии;

- установка вакуумного нанесения УВН-2М-2;

- полуавтомат скрайбирования «Алмаз-М».

Ежегодно осаждаемое количество подложек можно представить формулой (4.1):

N = n·П·Тэф, (4.1)

где n — число единиц однотипного технологического оборудования, шт.; П — производительность этого оборудования, шт./дн; Тэф — эффективный годовой фонд времени работы оборудования, дн.

Из формулы (4.1) выразим число единиц однотипного оборудования:

n = N/(П·Тэф) (4.2)

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования (производство — в одну смену: 6-часовую для химиков, 8-часовую — для всех остальных) определяем по формуле (4.3):

Тэф = Треж - Трем - Ттехн=(Ткал - В - П) - Трем - Ттехн, (4.3)

где Треж — режимный фонд времени работы, дн; Трем — время простоев оборудования в ремонте, дн; Ттехн — время простоев оборудования, обусловленных технологией, дн; Ткал — количество календарных дней в году, Ткал = 365 дн; В — количество выходных дней в году, В = 104 дн; П — количество праздничных дней в году, П = 12 дн.

В таблице 4.1.1. представлены данные для расчёта Тэф и результаты расчёта Тэф для разных единиц оборудования.

Например, для термостата Тэф = (365 - 104 - 12) - (3 + 5) - 52 = 189 (дн.).

Для других единиц оборудования Ттехн, = 0, Тэф = 241 (дн.).

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 4.1.1 — Расчёт эффективного фонда времени работы оборудования |  |
| Единица технологического оборудования | Простои в ремонте Трем, дн | Простои, обусловленные технологией Ттехн, дн | Тэф, дн |
| текущем | капитальном |
| 1. Термостат | 3 | 5 | 52 | 189 |
| 2. Печь для термообработки | 3 | 5 | - | 241 |
| 3. Оборудование линии фотолитографии | 3 | 5 | - | 241 |
| 4. Установка вакуумного нанесения УВН-2М-2 | 3 | 5 | - | 241 |
| 5. Полуавтомат скрайбирования «Алмаз-М» | 3 | 5 | - | 241 |

Необходимые данные для расчёта числа единиц n по каждому типу оборудования (корме оборудования на линии фотолитографии), а также результаты расчёта приведены в таблице 4.1.2.

Например, количество термостатов при производительности одного термостата П = 6 шт./дн и годовом эффективном фонде времени работы Тэф = 189 дн. согласно (4.2)

n = 6520/(6·189) = 6.

Для прочих единиц оборудования, кроме фотолитографического, расчёт аналогичен.

Принимаем, что в линии фотолитографии 16 основных единиц оборудования (перечислены они ниже в таблице 4.2.1).

|  |
| --- |
| Таблица 4.1.2 — Расчёт числа единиц технологического оборудования |
| Единица технологического оборудования | Производительность П, шт./дн | Эффективный фонд времени работы Тэф, дн | Число единиц оборудования n |
| 1. Термостат | 6 | 189 | 6 |
| 2. Печь для термообработки | 6 | 241 | 5 |
| 3. Оборудование линии фотолитографии | 8 | 241 | 16 |
| 4. Установка вакуумного нанесения УВН-2М-2 | 64 | 241 | 1 |
| 5. Полуавтомат скрайбирования «Алмаз-М» | 19 | 241 | 2 |

**4.2. Расчёт производственных площадей**

Данные для расчёта площадей под технологическое оборудование и сам расчёт приведены в таблице 4.2.1. Площадь под линию фотолитографии — 70 м2.

Для удобства размещения в цехе и эксплуатации оборудования примем, что на каждую единицу оборудования (кроме оборудования фотолитографии) дополнительно приходится по 6 м2 свободной площади. Всего таких единиц оборудования 14 шт., значит общая дополнительная свободная площадь составляет 6х14 = 84 м2.

Площадь под пост выходного контроля — 10 м2.

Площадь складов сырья и готовой продукции примем равной по 10 м2.

Площадь вспомогательных помещений, м2: комната сбора и отдыха трудового коллектива — 16, гардероб — 6, туалет — 5, мастерская — 15, кабинет начальника участка — 8. Всего 50 м2.

Итого требуемая площадь производственных и вспомогательных помещений:

(6+5+2+1) +70+84+10+2·10+50 = 248 м2.

Принимаем площадь всех помещений равной 300 м2.

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 4.2.1 — Расчёт площади под технологическое оборудование |  |
| Единица технологического оборудования | Площадь, требуемая под единицу оборудования, м2 | Количество единиц оборудования | Общая площадь под оборудование, м2 |
| 1. Термостат | 1,0 | 6 | 6,0 |
| 2. Печь для термообработки | 1,0 | 5 | 5,0 |
| 3. Оборудование для фотолитографии: |  |  | 70,0 |
| агрегат отмывки подложек и фотошаблонов | - | 3 |
| устройство загрузки кассет с подложками | - | 1 |
| автомат нанесения фоторезиста | - | 1 |
| установка ИК сушки фоторезиста | - | 2 |
| установка совмещения и экспонирования ЭМ-576 | - | 5 |
| установка удаления фоторезиста в плазме ПУФ-80 | - | 1 |
| полуавтомат визуального контроля | - | 1 |
| установка контроля | - | 1 |
| устройство разгрузки кассет с подложками | - | 1 |
| 4. Установка вакуумного нанесения УВН-2М-2 | 2,0 | 1 | 2,0 |
| 5. Полуавтомат скрайбирования «Алмаз-М» | 0,5 | 2 | 1,0 |
| Итого |  |  | 84,0 |

**4.3. Расчёт количества реактивов и материалов**

Для производства фоточувствительных элементов SnxPb1-xSe требуются следующие материалы и реактивы:

1.) подложка — ситалл марки СТ-50-1 60х48 мм;

2.) сода, Na2CO3, ч (расход 0,8 г на одну подложку);

3.) плавиковая кислота, HF, конц., хч (расход раствора 1:20 на одну подложку — 2 мл);

4.) серная кислота, H2SO4, 96%, хч (расход хромовой смеси на одну подложку — 2 мл);

5.) калий двухромовокислый, K2Cr2O7, хч;

6.) свинец уксуснокислый, PbAc2·3H2O, осч;

7.) аммоний уксуснокислый, NH4Ac, осч;

8.) этилендиамин водный, (NH2)2(CH2)2aq, 10 М, хч;

9.) олово солянокислое, SnCl2·2 H2O, осч;

10.) едкий натр, NaOH, осч;

11.) аммоний иодистый, NH4I, осч;

12.) натрий сернистокислый, Na2SO3, осч;

13.) селеномочевина, (NH2)2CSe, осч;

14.) соляная кислота, HCl, конц., осч;

15.) фоторезист позитивный ФП-383 (расход на одну подложку — 3 мл);

16.) едкое кали, KOH, хч (расход 2М раствора на одну подложку — 10 мл);

17.) вода дистиллированная (расход на обработку одной подложки — 3 л);

18.) золото, 99,9% (толщина контактного слоя 0,5 мкм).

Проведем расчёт по соответствующим номерам позиций.

1.) Из одной ситалловой подложки площадью 60х48 мм2 можно вырезать 4 подложки площадью 30х24 мм2, которые идут на осаждение плёнок. Значит, для ежегодного получения 6520 плёнок площадью 30х24 мм2 нужно 6520/4 = 1630 подложек размером 60х48 мм.

2.) Расход соды на обработку одной подложки размером 30х24 мм — 0,8 г. Значит, для обработки 6520 подложек в год требуется 0,8·6520 = 5216 (г) = 5,3 (кг).

3.) На одну подложку 30х24 мм расходуется 2 мл раствора HF 1:20, значит, на 6520 подложек — 2·6520 = 13040 (мл) = 13,04 (л). В 13,04 л раствора 1 часть HF и 20 частей дистиллированной воды, значит годовой расход HF конц. составляет 13,04/21 = 0,62 (л.), годовой расход дистиллированной воды на приготовление раствора: 13,04 — 0,62 = 12,42 (л). Расход HF конц. на одну подложку — 0,62/6520 = 0,095 (мл).

4.) На одну подложку 30х24 мм расходуется 2 мл раствора хромовой смеси (K2Cr2O7 + H2SO4), значит, на 6520 подложек — 2·6520 = 13040 (мл) = 13,04 (л). Будем считать, что при растворении K2Cr2O7 в H2SO4 объём раствора меняется мало, тогда 2 мл и 13,04 л — это объём расхода H2SO4 (96%) на одну подложку и на 6520 подложек, соответственно.

5.) В хромовой смеси на 1 л H2SO4 (96%) берут 50 г K2Cr2O7, значит, на 2 мл H2SO4 (96%) берут 50·2/1000 = 0,1 (г), а на 13,04 л — 50·13,04/1 = 652 (г) K2Cr2O7.

6-14.) Компоненты 6-14 входят в реакционную смесь (объём реактора — 100 мл). Концентрации этих компонентов в реакционной смеси и в исходных растворах приведены в таблице 4.3.1. Требуемое количество исходного раствора какого-либо компонента (кроме Na2SO3 и (NH2)2CSe, о которых будет сказано ниже) рассчитывается по формуле (4.4):

Vисх = Среакт·Vреакт/Сисх, (4.4)

где Среакт — заданная концентрация компонента в реакторе, моль/л; Vреакт — объём реактора, Vреакт = 100 мл; Сисх — концентрация исходного раствора, моль/л.

Например, для PbAc2 Vисх = 0,001·100/1,0 = 0,1 (мл). Для других компонентов расчёт аналогичен. Результаты расчёта приведены в таблице 4.3.1.

Количество дистиллированной воды находят из того, что при приготовлении раствора в реакторе весь его объём делится на две части: 50 мл — смесь Na2SO3 и (NH2)2CSe; 50 мл — остальные компоненты. Поэтому расход воды на один реактор:

Vисх = 50-0,1-21,5-3,8-0,1-3,95-2,0 = 18,55 (мл).

Расход воды на 6520 реакторов — 18,55·6520 = 120,95 (л).

Смесь Na2SO3 и (NH2)2CSe готовят отдельно. Для получения в реакторе на 100 мл заданных концентраций Na2SO3 и (NH2)2CSe в 50 мл H2O (дист.) растворяют 0,63 г Na2SO3, отбирают 6 мл полученного раствора в стакан на 300 мл и доводят до метки водой. В полученной воде (с сульфитом натрия) растворяют 3,72 г (NH2)2CSe. Затем по 50 мл смеси Na2SO3 и (NH2)2CSe добавляют в каждый реактор.

Массу 3,72 г можно получить, если учесть, что на 1 реактор объёмом 100 мл для получения концентрации в нём селеномочевины 0,05 моль/л требуется масса m = Cсм·Мсм·Vреакт (где Cсм, Мсм — соответственно концентрация и мольная масса (NH2)2CSe), m = 0,05 моль/л 123 г/моль·0,1 л = 0,62 г, а на 6 реакторов тогда приходится 6·0,62 г = 3,72 г (NH2)2CSe.

|  |
| --- |
| Таблица 4.3.1 — Расчёт требуемых объёмов растворов компонентов |
|  | реакционной смеси на один реактор объёмом 100 мл |
|  | (на одну подложку размером 30х24 мм) |
| Компонент | Концентрация в реакторе, моль/л | Исходная концентрация раствора, моль/л | Объём исходного раствора, мл |
| 1. PbAc2 | 0,001 | 1,0 | 0,10 |
| 2. NH4Ac | 1,72 | 8,0 | 21,50 |
| 3. En | 0,19 | 5,0 | 3,80 |
| 4. SnCl2 | 0,001 | 1,0 | 0,10 |
| 5. NaOH | 0,316 | 8,0 | 3,95 |
| 6. H2O (дист.) | - | - | 18,55 |
| 7. NH4I | 0,01 | 0,5 | 2,00 |
| 8. Na2SO3 | 0,001 | - | 50,00 |
| 9. (NH2)2CSe | 0,05 | - |

Итак, требуемый расход Na2SO3 на шесть реакторов — 0,63 г, значит на один реактор (на одну подложку 30х24 мм) — 0,63/6 = 0,105 (г), на годовой выпуск 6520 подложек — 0,105·6520 = 685 (г). Требуемый расход (NH2)2CSe на один реактор — 0,62 г, на годовой выпуск 6520 подложек — 0,62·6520 = 4042,4 (г) — 4,05 (кг). Расход воды на приготовление смеси Na2SO3 и (NH2)2CSe складывается из объёма воды на растворение Na2SO3 (50 мл) и объёма раствора (NH2)2CSe с Na2SO3 (300 мл). Итого — 350 мл. Этот объём приходится на 6 реакторов, значит, на один реактор — 350/6 = 60 (мл), а на 6520 — 60·6520 = 391,2 (л).

Теперь рассчитаем массу твёрдых исходных веществ (PbAc2·3H2O, NH4Ac, SnCl2·2H2O, NaOH, NH4I), а также объёмы Enaq (10 М), HCl (конц.) и дистиллированной воды, нужные для приготовления исходных растворов.

Данные для расчёта и результаты его представим в виде таблицы (4.3.2).

Приведём пример расчёта расхода твёрдых исходных веществ на примере PbAc2·3H2O.

Годовой объём потребления 1,0 М раствора PbAc2 — 0,65 л (таблица 4.3.2). Масса PbAc2·3H2O, требуемая для получения раствора рассчитывается по выражению (4.5):

m(PbAc2·3H2O) = Cреакт·М(PbAc2)·V / Х(PbAc2), (4.5)

где Cреакт — концентрация PbAc2 в реакторе, Cреакт = 1,0 моль/л; М(PbAc2) — мольная масса PbAc2, М(PbAc2) = 325 г/моль; V — годовой объём потребления раствора PbAc2, V = 0,65 л; Х(PbAc2) — массовая доля безводного PbAc2 в кристаллогидрате PbAc2·3H2O, Х(PbAc2) = М(PbAc2)/М(PbAc2·3H2O) = 325/379 = 0,8575.

m(PbAc2·3H2O) = 1,0 (моль/л) ·325 (г/моль) 0,65 (л) / 0,8575 = 246 г (на практике берут 260 г). Итак, на 6520 подложек нужно 260 г PbAc2·3H2O, значит, на 1 подложку —260/6520 = = 0,04 (г). Расход дистиллированной воды на 6520 подложек составляет 0,65 л, на одну подложку — 0,65/6520 = 0,0001 (л) = 0,1 (мл). Требуемый расход Enaq (10 М) рассчитаем по формулеVисх = Скон·Vкон/Сисх,

где Скон — концентрация En в получаемом растворе, Скон = 5,0 моль/л; Vкон — годовой объём потребления En, = 24,78 л; Сисх — концентрация исходного раствора En, Сисх = 10,0 моль/л. Vисх = 5,0·24,78/10 = 12,39 (л).

На 6520 подложек нужно 12,39 л Enaq (10 М), значит на одну подложку — 12390/6520 = = 1,9 (мл). Требуемый объём дистиллированной воды 24,78-12,39 = 12,39 (л) на 6520 подложек и 1,9 мл на 1 подложку.

Соляная кислота HCl (конц.) добавляется к раствору SnCl2 при его приготовлении в расчёте 26 мл на 1 л раствора. Годовой объём потребления раствора SnCl2 — 0,65 л, значит, годовой объём потребления HCl (конц.) 26·0,65 = 16,9 (мл). Расход HCl (конц.) на одну подложку составляет 16,9/6520 = 0,003 (мл).

Результаты расчётов количества исходных компонентов для реакционных смесей (кроме Na2SO3 и (NH2)2CSe) приведены в таблице 4.3.2.

15.) Расход фоторезиста ФП-383 на одну подложку размером 30х24 мм — 3 мл. Значит, для 6520 подложек в год требуется 3·6520 = 19560 (мл) = 19,56 (л).

16.) Расход 2 М раствора КОН на одну подложку размером 30х24 мм — 10 мл. Значит, для 6520 подложек в год требуется 10·6520 = 65200 (мл) = 65,2 (л) 2 М раствора.

Готовят раствор из твёрдого KOH, массу которого на 6520 подложек вычислим по формуле

m(КОН) = CКОН·М(КОН)·V,

где CКОН — концентрация изготовляемого раствора, CКОН = 2 моль/л; М(КОН) — мольная масса КОН, М(КОН) = 56 г/моль; V — годовой объём потребления 2 м раствора КОН, V = 65,2 л.

m(КОН) = 2 моль/л 56 г/моль 65,2 л = 7302 г = 7,3 кг.

Значит, 7,3 кг нужно для проявления 6520 подложек, 7,3 (кг)/6520 = 1,1 (г) — для одной подложки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Таблица 4.3.2 — Расчёт количества твёрдых и жидких исходных |  |  |
|  | компонентов реакционной смеси |  |  |  |
| Наименование исходного реактива | Концентрация раствора, моль/л | Объём раствора | Требуемое количество исходного реактива | Требуемое количество Н2О (дист.) |
| на 1 реактор, мл | на 6520 реакторов, л | на 1 реактор | на 6520 реакторов | на 1 реактор, мл | на 6520 реакторов, л |
| PbAc2·3H2O | 1,0 | 0,10 | 0,65 | 0,04 г | 0,26 кг | 0,10 | 0,65 |
| NH4Ac | 8,0 | 21,50 | 140,18 | 13,24 г | 86,35 кг | 21,50 | 140,18 |
| SnCl2·2H2O | 1,0 | 0,10 | 0,65 | 0,02 г | 0,15 кг | 0,10 | 0,65 |
| NaOH | 8,0 | 3,95 | 25,75 | 1,26 г | 8,24 кг | 3,95 | 25,75 |
| Н2О (дист.) | - | 18,55 | 120,95 | - | - | 18,55 | 120,95 |
| NH4I | 0,5 | 2,00 | 13,04 | 0,15 г | 0,946 кг | 2,00 | 13,04 |
| Enaq (10 М) | 5,0 | 3,80 | 24,78 | 1,9 мл | 12,39 л | 1,90 | 12,39 |
| HCl (конц.) | конц. раствор | 0,003 | 16,9 | 0,003 | 16,9 | - | - |
| Итого | - | - | - | - | - | 48,10 | 313,61 |

Расход дистиллированной воды: 65,2 л на 6520 подложек и 65,2 (л) /6520 = 10 (мл) на одну подложку.

17.) На обработку одной подложки 30х24 мм расходуется 3 л дистиллированной воды, значит на 6520 подложек требуется 3·6520 = 19560 (л).

Кроме обработки подложек Н2О (дист.) расходуется по следующим статьям (л/год):

- на приготовление раствора HF — 12,42;

- на приготовление смеси Na2SO3 и (NH2)2CSe — 391,2;

- на приготовление растворов и реакционной смеси — 313,61 (табл. 4.3.2);

- на приготовление раствора КОН для проявления фоторезиста — 65,2.

Таким образом, общий расход дистиллированной воды составляет

19560 + 12,42 + 391,2 + 313,61 + 65,2 = 20342 (л).

Примем расход дистиллированной воды равным 20 400 л в год.

На одну подложку тогда расход воды составит 20400/6520 = 3,1 (л).

18.) У каждого чувствительного элемента по 2 контакта размером 0,1х0,15 см. Общая площадь контактов для одного чипа 2·0,1·0,15 = 0,03 см2. Толщина контактов 5·10-5 см. Объём золотых контактов, приходящихся на 1 чип, 0,03 см2 х 5·10-5 см = 0,15·10-5 см3. Плотность золота 19,3 г/см3, значит масса Au, приходящаяся на 1 чип, составляет

0,15·10-5 см3 х 19,3 г/см3 = 2,9·10-5 г = 0,029 мг.

Всего в год получаем по 6520 подложек, на каждой из которых по 56 чипов, значит, на годовой объём выпуска расход золота составит 2,9·10-5 г 6520 56 = 10,59 г.

Результаты расчёта количества требуемых реактивов и материалов сведены в общую таблицу 4.3.3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Таблица 4.3.3 — Расход материалов и реактивов |  |  |  |
| Наименование материала (реактива) | Форма использования материала (реактива) | Расход на одну подложку размером 30х24 мм | Расход на годовой синтез 6520 шт. подложек размером 30х24 мм |
| кол-во | единица измерения | кол-во | единица измерения |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Ситалл марки СТ-50-1 60х48 мм | - | 0,25 | шт. | 1630 | шт. |
| 2.Сода, Na2CO3, ч | тв. соль | 0,8 | г | 5,3 | кг |
| 3. Плавиковая кислота, HF, хч | раствор 1:20 | 0,095 | мл | 0,62 | л |
| 4. Серная кислота, H2SO4, 96%, хч | хромовая смесь ( 50 г K2Cr2O7 на 1 л H2SO4) | 2 | мл | 13,04 | л |
| 5. Калий двухромовокислый, K2Cr2O7, хч | 0,1 | г | 652 | г |
| 6. Свинец уксуснокислый, PbAc2·3H2O, осч | 1,0 М раствор | 0,04 | г | 0,26 | кг |
| 7. Аммоний уксуснокислый, NH4Ac, осч | 8,0 М раствор | 13,24 | г | 86,35 | кг |
| 8. Этилендиамин водный, Enaq, 10 М, хч | 5,0 М раствор | 1,9 | мл | 12,39 | л |
| 9.Олово солянокислое, SnCl2·2H2O, осч | 1,0 М раствор | 0,02 | г | 0,15 | кг |
| 10. Едкий натр, NaOH, осч | 8,0 М раствор | 1,26 | г | 8,24 | кг |
| 11. Аммоний иодистый, NH4I, осч | 0,5 М раствор | 0,15 | г | 0,946 | кг |
| 12. Натрий сернистокислый, Na2SO3, осч | раствор 0,1 М по селеномочевине и 0,002 М по Na2SO3 | 0,105 | г | 685 | г |
| 13. Селеномочевина, (NH2)2CSe, осч | 0,62 | г | 4,05 | кг |
| 14. Соляная кислота, HCl, конц., осч | HCl конц. | 0,003 | мл | 16,9 | мл |
| 15. Фоторезист позитивный ФП-383 | - | 3 | мл | 19,56 | л |
| 16. Едкое кали, KOH, хч | 2 М раствор | 1,1 | г | 7,3 | кг |
| 17. Вода дистиллированная | - | 3,1 | л | 20,4 | м3 |
| 18. Золото, 99,9% | - | 0,029 | мг | 10,59 | г |

**4.4. Расчёт численности работающих**

Списочная численность специалистов, занятых непосредственно на производстве, определяется по формуле (4.6):

Чс = Чя ·К (4.6)

где Чя — явочная численность рабочих, К — коэффициент подмены.

Для всех работников, кроме занятых на операции фотолитографии, явочную численность определим по рабочим местам на основании норм обслуживания

Чя = n·p·c,

где n — количество единиц однотипного оборудования, p — количество человек, необходимых для обслуживания одной единицы оборудования; с — количество смен в сутки, с = 1.

Например, для работы на термостатах на операции гидрохимического осаждения требуется обеспечение следующей явочной численности инженеров-химиков:

Чя = 6·1·1 = 6 (чел.).

Для расчёта коэффициента подмены необходимо знать баланс рабочего времени. Примем его таким, как приведено в таблице 4.4.1.

Коэффициент подмены — отношение режимного годового фонда времени работы предприятия к действительному фонду рабочего времени одного рабочего.

К = 249:214 = 1,16.

Соответственно, списочная численность химиков

Чс = 6·1,16 = 7 чел.

Численность работающих на операции фотолитографии примем равной 7 человек.

Помимо перечисленных специалистов требуются также специалисты по ремонту оборудования, инженеры на операцию выходного контроля, инженер-экономист, служащие (кладовщик и уборщица), начальник участка.

Общая численность всех работников приведена в таблице 4.4.3. Всего работающих — 34 человека.

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 4.4.1 — Баланс рабочего времени |  |
| № п/п | Наименование показателей | Периодическое производство, 8- или 6-часовая рабочая смена |
| 1 | Календарное число дней | 365 |
| 2 | Выходные и нерабочие дни согласно графику сменности | 104 |
| 3 | Праздничные дни | 12 |
| 4 | Номинальный фонд рабочего времени, дн. | 249 |
| 5 | Невыходы по причинам — всего, дн. | 35 |
|  | В том числе: |  |
|  | основные и дополнительные отпуска | 28 |
|  | болезни и декретные отпуска | 6 |
|  | выполнение гособязанностей | 0,5 |
|  | прочие | 0,5 |
| 6 | Действительный (эффективный) фонд рабочего времени, дн. | 214 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Таблица 4.4.2 — Расчёт численности специалистов |  |  |
| Наименование профессий специалистов | Количество единиц оборудования | Количество человек, необходимое для работы на 1 аппарате | Явочная численность, чел | Списочная численность, чел |
| 1. Инженер-химик | 6 | 1 | 6 | 7 |
| 2. Инженер для работы на печи термообработки | 5 | 1 | 5 | 6 |
| 3. Инженер для работы на установке фотолитографии | 16 | - | - | 7 |
| 4. Инженер для работы на установке вакуумного нанесения | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 5. Инженер для работы на полуавтомате скрайбирования | 2 | 1 | 2 | 3 |

Взято с [сайта Федерального Уральского университета](http://media.ls.urfu.ru/403/1085/2218/)