**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра менеджмента**

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

**«Cостояние и проблемы повышения эффективности работы транспортного хозяйства предприятия, производящего изделия электронной техники, в современных условиях»**

**МИНСК, 2009**

**Основные отличия предприятия, производящего изделия электронной техники, от других предприятий**

Основными отличиями предприятия, производящего изделия микроэлектроники, от других предприятий, является техпроцесс изготовления основной продукции (изделий электронной техники), а также основное технологическое оборудование и материалы.

Технологический процесс изготовления изделий электронной техники насчитывает от 50 до 150 операций в зависимости от вида конкретного изделия.

Первой операцией является резка полупроводниковых кремниевых пластин диаметром 150 мм из слитка кремния. Готовые пластины поступают на группы операций, формирующих p-n переходы. К этим операциям относятся обезжиривание, диффузия, окисление.

Обезжиривание выполняется на специальных установках обезжиривания, в ванны которых заливается специальный обезжиривающий раствор, в который на некоторое время окунаются пластины. Время пролеживания обезжиренных пластин перед диффузией или окислением не должно превышать 30 мин. Операции диффузия и окисление осуществляются в специальных диффузионных печах, например СДО 125/3.

Очистка поверхности пластин от загрязнений на протяжении технологического производственного процесса осуществляется многократно. С точки зрения механизма процессов все методы очистки можно условно разделить на физические и химические. При физических методах загрязнения удаляются растворением, а также обработкой поверхности ускоренными до больших энергий ионами инертных газов. В тех случаях, когда загрязнения нельзя удалить физически, применяются химические методы, при которых загрязнения, находящиеся на поверхностном слое, переводятся в новые химические соединения и затем удаляются.

Процесс диффузии представляет собой проникновение примесей бора и фосфора в кремний под воздействием температуры. В результате диффузии, формируется диффузионный слой с заданными поверхностной концентрацией и профилем распределения примеси по глубине от поверхности полупроводника до границы p-n перехода. Чаще всего диффузия примесей проводится в прочном реакторе в потоке газа-носителя, который доставляет к поверхности полупроводниковых пластин примесесодержащее вещество из внешнего источника.

Для нанесения локальных, расположенных на поверхности полупроводника источников диффузии, применяют газообразные, жидкие и твердые внешние источники примеси. Газообразными источниками служат, в основном, гидриды примесей (РН3, В2Н6). Они поставляются в баллонах малой емкости в виде сильно разбавленных инертным газом смесей, в диффузионную печь вводятся через вентиль и смеситель вместе с газом-носителем и окислителем (кислородом).

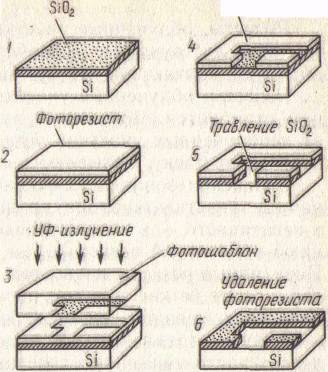
Жидкие внешние источники (находящиеся при нормальных условиях в жидком состоянии) диффузии применяют в настоящее время наиболее широко. Имея высокую упругость паров, и находясь в дозаторе при фиксированной температуре, они позволяют точно регулировать содержание примеси в газовой фазе, поступающей в диффузионную печь. Локальный источник формируется в виде тонкой (около 0,1 мкм) пленки окисла примеси.

Для проведения операций диффузии в нужных местах полупроводниковой пластины с помощью операции литографии в предварительно нанесенном окисле формируются специальные окна необходимой формы. Окисление используется для формирования пленок окисла SiO2.

Для формирования конфигурации элементов интегральных микросхем, а также для операций нанесения тонких и толстых пленок используются операции литографии, в частности фотолитография. Она позволяет, воспроизводимо, и с большей точностью выполнять сложные рисунки с размерами элементов до одного и менее микрона на разнообразных материалах (рис. 1). Литография применяется при изготовлении полупроводниковых и пленочных структур, для получения возможных канавок и углублений в полупроводниковых и других материалах. С помощью литографии изготавливают шаблоны – инструменты для проведения самого процесса литографии, получают сквозные отверстия в фольге при изготовлении прецизионных свободных масок, трафаретов, печатных плат и гибких носителей кристаллов.

Рис. 1. Процесс литографического переноса изображения

Для объединения областей полупроводниковой пластины, представляющей собой выводы диода, с контактными площадками пластины используются операции металлизации.



Металлизация представляет собой нанесение на полупроводниковую пластину тонкой пленки металла, чаще всего алюминия (Al) толщиной до 10 микрон. Для формирования рисунка токопроводящих дорожек снова используется процесс фотолитографии, показанный на рис. 1, за исключением того, что вместо слоя окисла SiO2 нанесен слой Al.

Полученные вышеописанным образом кристаллы диодов содержатся в одной пластине. Далее необходимо организовать разделение пластин на кристаллы и подготовить их к проведению дальнейших сборочных операций. Процесс подготовки к сборке, кроме разделения пластин на отдельные кристаллы, включает их очистку, контроль, ориентированную подачу на позицию сборки. Разделение пластин скрайбированием осуществляют в две стадии: вначале на поверхность пластины между готовыми микросхемами наносят в двух взаимно перпендикулярных направлениях неглубокие риски, а затем по этим рискам разламывают ее на прямоугольные или квадратные кристаллы. При сквозном разделении пластину прорезают режущим инструментом насквозь. Для резания наиболее часто применяют алмазные диски и проволоку или полотна с абразивной суспензией, а также ультразвуковой инструмент.

Отдельные кристаллы передаются на операции сборки. Первая операция сборки – это посадка кристалла. Кристаллы, приклеенные к специальной клеящейся основе спутника носителя на предыдущей операции, специальным устройством установки посадки снимаются с клеящейся основы и устанавливаются на эвтектический сплав (температура затвердевания 356 ºС). Корпус с посаженным кристаллом подается на установку термокомпрессионной сварки. Далее происходит процесс герметизации в корпусе. В настоящее время для герметизации наиболее широко используют пластмассовые и керамические корпуса.

После каждой группы технологически законченных комплексов операций проводятся операции контроля.

**ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО В СОСТАВЕ ПРЕДПРИЯТИЯ**

### Значение, задачи и структура транспортного хозяйства предприятия

Работа современного предприятия микроэлектроники связана с перемещением значительного числа разнообразных грузов, как за пределами завода, так и внутри его. При этом примерно в половине случаев вместо грузов перевозятся люди – работники данного завода или других предприятий по их заказам. На завод в общезаводские или прицеховые склады доставляются материалы, топливо, комплектующие изделия и другие материальные ценности, а со складов или непосредственно из цехов вывозится готовая продукция и отходы производства.

Внутри завода производится транспортировка материалов, комплектующих и других изделий с общезаводских складов в цехи; заготовок, деталей, сборочных единиц – между цехами; готовой продукции и отходов – из цехов в соответствующие пункты назначения.

Внутри цехов заготовки, детали и сборочные единицы в процессе изготовления и сборки перевозятся между кладовыми и участками, с одного участка на другой, а на участках – между рабочими местами.

В соответствии с этим различают внешнюю и внутреннюю транспортировку грузов; последняя подразделяется на межцеховую и внутрицеховую транспортировку.

Внутризаводская и частично внешняя транспортировка грузов осуществляется с помощью различных транспортных средств, принадлежащих заводу. Транспортное хозяйство завода включает в себя все транспортные средства завода, осуществляющие все внешние и внутренние перевозки и все устройства общезаводского назначения (гаражи, ремонтные мастерские и т. д.). В отличие от большинства машиностроительных предприятий на предприятиях микроэлектроники грузы внутрицеховой перевозки в основном очень лёгкие, но хрупкие (например, пластины в таре, помещённой в спецконтейнеры). Поэтому грузы внутри цеха перемещают или вручную, или с помощью лёгких ручных тележек (ручка, платформа, 4 колеса).

Таким образом, перевозка грузов, погрузочно-разгрузочные и экспедиционные операции являются основными функциями транспортного хозяйства.

Функции транспортного хозяйства завода не ограничиваются только перемещением грузов. Организация внутризаводского транспорта и его работа оказывают непосредственное влияние и на ход производственного процесса и на себестоимость выпускаемой продукции. От работы транспорта зависит ритмичная работа рабочих мест, участков цехов и равномерный выпуск заводом готовой продукции. Время, затрачиваемое на внутрицеховые и межцеховые перевозки, влияет на длительность производственного цикла. Затраты на содержание транспортного хозяйства на некоторых заводах составляют 10 – 15% от суммы всех косвенных расходов в себестоимости продукции. В связи с этим основной задачей транспортного хозяйства завода является бесперебойная транспортировка грузов при полном использовании транспортных средств и минимальной себестоимости транспортных операций. Это достигается путем правильной организации транспортного хозяйства и четкого планирования работы транспорта, обоснованного выбора транспортных средств, повышения уровня механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ.

Применяемые на заводах транспортные средства классифицируются следующим образом:

а) по способу действия – прерывные и непрерывные;

б) по видам транспорта – рельсовые, безрельсовые, водные, подъемно-транспортные и специальный транспорт;

в) по назначению – внешний, межцеховой и внутрицеховой;

г) по направлению перемещения грузов – горизонтальные, вертикальные (лифты, подъемники); горизонтально-вертикальные (кранбалки, автопогрузчики); наклонные (монорельсовые дороги, конвейеры).

Структура транспортного хозяйства завода зависит от характера выпускаемой продукции (габаритные размеры, масса); состава цехов; типа и масштаба производства. На крупных и средних предприятиях создается транспортный отдел, подчиненный непосредственно заместителю директора по общим вопросам или по маркетингу и сбыту. В составе транспортного отдела обычно создаются бюро (группы): планово-экономическое, диспетчерское, техническое, учета и др.

*Планово-экономическое бюро* разрабатывает план производственно-хозяйственной деятельности (транстехплан), определяет грузооборот по заводу и объем погрузочно-разгрузочных работ, рассчитывает потребность в транспортных и погрузочно-разгрузочных средствах, потребность в кадрах и фонд заработной платы, составляет смету затрат по транспортному хозяйству и калькуляцию себестоимости на отдельные виды услуг.

*Диспетчерское бюро* осуществляет оперативно-производственное планирование работы транспорта, которое сводится к составлению квартальных, месячных и суточных планов перевозок и к оперативному регулированию транспортных работ. Методы построения планов определяются степенью устойчивости грузопотоков на заводе.

*Техническое бюро* осуществляет техническую подготовку производства с целью комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и транспортных операций; разрабатывает транспортно-технологические схемы, обеспечивающие стыковку отдельных звеньев транспортной сети предприятия и технологического оборудования; формирует альбомы чертежей по каждому виду подъемно-транспортного оборудования для изготовления запасных частей и проведения ремонтных работ.

*Бюро учета* ведет паспортизацию всех видов транспортных средств, осуществляет бухгалтерский учет и отчетность работы транспортного хозяйства.

*Транспортный цех* является материальной базой транспортного хозяйства. Цех, как правило, укомплектован различными транспортными средствами для осуществления межцеховых и внешних перевозок грузов.

Для внешних и межцеховых перевозок на предприятиях микроэлектроники используется, как правило, автомобильный и другой безрельсовый транспорт. Для внутрицеховых перевозок – ручные тележки.

### Определение грузооборотов предприятия, маршрутов транспорта и потребного количества транспортных средств

Для правильного и бесперебойного транспортирования грузов необходимо обеспечить основные и вспомогательные цехи завода и транспортный цех достаточным числом соответствующих транспортных средств. Для расчета потребности в определенных видах транспортных средств и последующей организации их работы необходимо определить грузооборот завода, цеха, грузовые потоки и номенклатуру транспортируемых грузов.

Грузооборотом завода или цеха называется число груза, подлежащее перевозке за определенный период времени (год, квартал, месяц, сутки, смена).

Грузовым потоком называется число грузов, перемещаемых в определенном направлении между пунктами погрузки и выгрузки.

Грузовой оборот завода равен сумме отдельных грузовых потоков.

Грузооборот цеха определяется по таблице, состоящей из двух частей: поступления и отправления грузов; в каждой из них указываются пункты, наименование и количество груза.

Расчет грузооборота завода производится на основе грузооборотов цехов и общезаводских складов в виде шахматной ведомости, которая дает наглядную картину грузооборота и грузовых потоков и служит основой для расчета количества транспортных средств по соответствующим маршрутам (табл. 1).

Таблица 1

Шахматная ведомость грузопотоков

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Куда  Откуда | Ст. ж/д | Общ. завод. склад | Цех №1 | Цех №2 | Цех №3 | Склад отходов | Итого вывезли |
| Ст. ж/д | - | 10 000 | - | - | - | - | 10 000 |
| Общ. завод. склад | 7 500 | - | 2 000 | 8 000 | - | - | 17 500 |
| Цех №1 | - | - | - | 1 500 | - | 500 | 2 000 |
| Це№2 | - | - | - | - | 7 500 | 2 000 | 9 500 |
| Цех№3 | - | 7 500 | - | - | - | - | 7 500 |
| Склад отходов | - | - | - | - | - | - | - |
| Итого поступит | 7 500 | 17 500 | 2 000 | 9 500 | 7 500 | 2 500 | 46 500 |

Схемы маршрутов могут быть различными. Маятниковые маршруты устанавливаются между двумя пунктами. Они могут быть односторонними, когда транспортные средства двигаются в одну сторону с грузом, а в другую – без груза, и двухсторонними, когда грузы транспортируются в обоих направлениях, и веерными (одно- или двухсторонними), рис. 2.

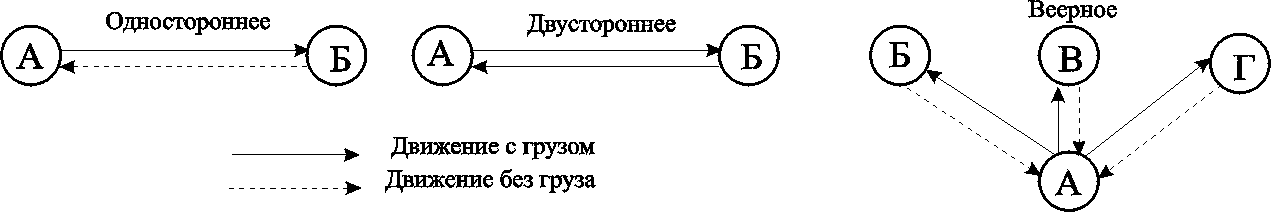


Рис. 2. Схема маршрутов

Кольцевые маршруты устанавливаются при обслуживании ряда пунктов, связанных последовательной передачей грузов от одного пункта к другому. Кольцевой маршрут может быть с равномерно нарастающим и уменьшающимся грузом (рис. 1.3.).



Рис. 3. Схема кольцевого маршрута

На основе схемы грузопотоков, объема перевозок по каждой группе грузов производится выбор транспортных средств и расчет их потребности.

Число транспортных средств, необходимых для внешних и межцеховых перевозок, может быть определено по одной из формул:

а) односторонний маятниковый маршрут движения:

, (1)



где *Nj* – количество изделий *j*-ого типоразмера (наименования), перевозимых в течение планового (расчетного) периода, шт.;

*Qшт.j* – вес единицы изделия j-ого типоразмера изделия, кг;

*q* – грузоподъемность единицы транспортного средства;

*Кис* – коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства;

*Fэ* – эффективный фонд времени работы единицы транспортного средства, для односменного режима, ч;

*Ксм* – число рабочих смен в сутки;

*L* – расстояние между двумя пунктами маршрута, м;

*Vср* – средняя скорость движения транспортного средства, м/мин;

*tз, tp* – время на одну погрузочную и разгрузочную операцию за каждый рейс, мин;

*j* – номенклатура перевозимых изделий.

б) двухсторонний маятниковый маршрут движения:

. (2)



Для кольцевых перевозок:

а) с нарастающим грузопотоком:

. (3)



б) с затухающим грузопотоком:

.(4)



в) с равномерным грузопотоком:

, (5)



где *Кпр* – число погрузочно–разгрузочных пунктов;

*L’* – длина всего кольцевого маршрута, м.

Количество груза перевозимого за одну смену определяется по формуле:

, (6)



где *Др* – число рабочих дней в году;

*Ксм* – число смен в сутки;

– годовой грузооборот на данном маршруте, кг, т.;



*Кн* – коэффициент неравномерности перевозок (принимается *Кн* = 0,85).

Время пробега транспортного средства по заданному маршруту определяется по формуле:

. (7)



Расчет времени, затрачиваемого транспортным средством при прохождении одного рейса:

или . (8)



Расчет количества рейсов, совершаемых единицей транспортного средства за сутки, производится по формуле:

, (9)



где *Кви* – коэффициент использования фонда времени работы транспортного средства.

Производительность одного рейса определяется по формуле:

. (10)



Количество транспортных средств для внутрицеховых перевозок может быть определено по одной из приведенных формул.

### Организация, планирование и диспетчирование работы транспортного хозяйства

Организация работы транспортного хозяйства предприятия определяется планом производственно-хозяйственной деятельности.

Планирование работы транспортного хозяйства разделяется на технико-экономическое и оперативно-календарное планирование и диспетчирование.

Технико-экономическое планирование заключается в разработке годового плана (транстехплана) с разбивкой по кварталам.

Транстехплан, как правило, включает:

а) производственную программу выпуска продукции заводом;

б) план по труду;

в) лимиты материально-технического обеспечения;

г) план по себестоимости транспортных работ;

д) план организационно-технических мероприятий; е) сводку технико-экономических показателей.

При разработке транстехплана определяются: грузооборот и объем погрузочно-разгрузочных работ, потребность в транспортных и погрузочно-разгрузочных средствах (шахматная ведомость, грузовые потоки и расчеты потребности в транспортных средствах); потребность в кадрах и фонды заработной платы; потребность в топливе (горючем) и смазочных материалах; объемы ремонтных работ и потребность в материалах и запасных частях; цеховые расходы (смета затрат).

Кроме того, составляется смета затрат по транспортному хозяйству и калькуляция себестоимости транспортных услуг. Себестоимость транспортных услуг определяется в виде двух показателей: себестоимости транспортировки 1 т груза и себестоимости погрузки и выгрузки 1 т груза.

Расчеты по транстехплану производятся на основании технически обоснованных норм работы транспортных средств, материальных затрат и других плановых нормативов. Услуги транспортного цеха, оказываемые другим цехам, рассчитываются по цеховой себестоимости. Работы, выполняемые транспортным цехом для своего хозяйства, оцениваются, исходя только из статей основных расходов, без включения цеховых и общехозяйственных расходов.

Оперативно-календарное планирование работы транспортного хозяйства состоит в составлении месячных программ и сменно-суточных заданий на перевозки и погрузочно-разгрузочные работы, а также в текущем регулировании работы транспортных средств. Месячная программа составляется на основании квартального плана и дополнительных месячных заявок на перевозки грузов, поступающих из цехов, складов, отделов (снабжения и сбыта) до начала планового месяца.

В зависимости от типа производства организация и сменносуточное планирование транспортных работ изменяются.

В крупносерийном и массовом производствах грузопотоки являются относительно устойчивыми согласно шахматной ведомости. Это позволяет организовать перевозку грузов по постоянным маршрутам, а работу транспортных средств – по постоянному графику (стандартный план межцеховых перевозок грузов).

В серийном производстве, грузопотоки менее устойчивые, чем в крупносерийном и массовом, поэтому перевозки грузов организуются как по постоянным, так и по разовым маршрутам. На разовые маршруты цехи, склады и отделы накануне плановых суток подают транспортному цеху заявки на перевозку грузов (в счет месячного плана), которые должны быть выполнены в течение следующего дня. На основе этих заявок диспетчер составляет сменно-суточное задание по перевозке грузов на следующий день, указывая в нем распределение транспортных средств по отдельным участкам работы и разовым маршрутам. На перевозки по постоянным маршрутам заявки не подаются, а транспортные средства работают по постоянному графику.

В единичном и мелкосерийном производстве при отсутствии устойчивых грузопотоков перевозки грузов осуществляются в основном по разовым маршрутам. Сменно-суточное задание составляется на основе поступивших в транспортный цех заявок из основных цехов завода, складов и отделов.

Работа внешнего транспорта планируется на основе сведений о поступлении и отправке грузов, присылаемых отделами снабжения и сбыта.

Диспетчирование транспортной работы заключается в составлении, оперативном регулировании и контроле выполнения графиков и сменно-суточных заданий по перевозке грузов. В своей работе транспортный диспетчер тесно связан с диспетчерской службой завода и диспетчерами цехов. Техническими средствами диспетчера транспортного хозяйства являются диспетчерские табло, схемы, графики, радио- и телефонная связь, сигнализация и др. средства.

Оперативное регулирование (диспетчирование) сводится к наблюдению за выходом на линию, определенного графиком и сменно-суточными заданиями, количества транспортных средств, к контролю за выполнением суточного плана перевозок, к ликвидации аварий, замене транспорта в случае поломок.

Оперативный учет по работе транспортного хозяйства осуществляется в суточном и месячном разрезах: суточный рапорт о работе транспортного цеха и месячный отчет о производственной и хозяйственной деятельности транспортного хозяйства в целом.

В сводку технико-экономических показателей включаются:

1. Коэффициент использования парка транспортных средств по времени (число часов фактической работы парка, деленное на фонд рабочего времени парка).

2. Коэффициент использования пробега (пройденное расстояние с грузом в км, деленное на полный пробег с грузом и порожняком).

3. Коэффициент использования тоннажа (фактическое количество перевезенного груза в тоннах, деленное на номиналь – амортизация оборудованияную грузоподъемность, умноженную на число ездок.

4. Стоимость 1 машино-часа:

, (11)



где – зарплата с начислениями обслуживающего персонала;



– амортизация оборудования;



*R* – текущий ремонт оборудования;

*ε* – энергоресурсы (топливо);

*М* – материалы (смазочные, обтирочные и др.);

– прочие расходы (связанные с уходом и надзором).



5. Себестоимость переработки 1-ой т груза:

, (12)



где *Q* – количество тонн груза перевозимого за 1 ч.

6. Расход энергии (топлива) – нормы и отклонения.

7. Расход смазочных и обтирочных материалов – нормы и ОТК.

**ОБЗОР СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ МЕТОДАМИ ОПТИМИЗАЦИИ**

Транспортная задача представляет собой задачу, позволяющую минимизировать затраты на перевозки грузов при заданных точках погрузки-разгрузки транспорта, объёме перевозок и заданном парке транспортных средств. Транспортная задача имеет множество модификаций. Например, *классическая* транспортная задача предполагает наличие *m* пунктов производства некоторого однородного продукта (например, угля) и *n* пунктов его потребления. Известны запасы *ai* продукта в каждом пункте-поставщике *i=1, …, m,* спрос на него *bj* в каждом пункте-потребителе *j=1, …, n* и расходы *cij* на перевозку единицы продукции из пункта *I* в пункт *j*. В простейшем случае полагается, что суммарный запас равен суммарному спросу и *ai*>0, *bj*>0, *cij*>0 для всех *i=1, …, m,* *j=1, …, n*. Требуется составитьплан (расписание) перевозок продукта, при котором запасы каждого поставщика были бы вывезены, спрос каждого потребителя удовлетворен и общие транспортные расходы были бы минимальными. Условия транспортной задачи записываются в таблицах (матрицах), имеющих следующий вид (табл. 2)

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j  i | 1 | 2 | … | n | ai |
| 1 | c11 | c12 | … | c1n | a1 |
| 2 | c21 | c22 | … | c2n | a2 |
| … | … | … | … | … | … |
| m | cm1 | cm2 | … | cmn | am |
| bj | b1 | b2 | … | bn |  |

Составим математическую модель задачи. Обозначим через *xij* искомый объем перевозки от поставщика *I* к потребителю *j* и будем рассматривать переменные *xij*, задающие план перевозок, как компоненты матрицы перевозок X размеров :



. (13)



Затраты, связанные с некоторой перевозкой *xij*, составляют величину *cijxij*, а общая стоимость перевозок *z* от всех поставщиков ко всем потребителям определится равенством:

. (14)



В соответствии с постановкой задачи план перевозок должен быть составлен так, чтобы вывоз от каждого поставщика равнялся его объему производства:

(15)



а общие поставки любому потребителю удовлетворяли его спрос:

(16)



Из физического смысла переменных следуют условия их неотрицательности

(17)



В итоге получаем формулировку транспортной задачи: найти значения переменных *xij*, удовлетворяющие условиям (15) – (17) и минимизирующие целевую функцию (14). Это каноническая задача линейного программирования. В ней число переменных равно *mn*, число ограничений-равенств – *m+n*.

Левые части уравнений (15) образованы строчными , а уравнений (16) – столбцовыми элементами матрицы перевозок (13). В соответствии с условиями (15) и (16) сумма элементов *i*-й строки матрицы *Х* должна быть равна *ai*, а сумма элементов *j*-го столбца – *bj*. В дальнейшем будем называть уравнения (15) строчными, (16) – столбцовыми.

Для проверки условий совместности системы (15), (16) проведем суммирование уравнений (15) по индексу *I*, а (16) – по *j*. Получаем равенства

; ,



левые части которых отличаются только порядком суммирования. Следовательно, они равны между собой. Тогда будут равны и правые части

(18)



Условие (18) является условием совместимости системы ограничений (15) – (16). Оно выражает требования баланса между суммарными запасами и суммарными потребностями.

Транспортную задачу, для которой выполняется условие баланса (18), называют закрытой задачей. Если же условие нарушено, то задача называется открытой. Здесь возможны два случая:

а) суммарные запасы превышают суммарный спрос;

б) суммарный спрос больше суммарных запасов.

В первом случае после удовлетворения спроса всех потребителей у некоторых поставщиков останется невывезенный продукт, во втором случае поставки для некоторых потребителей будут меньше их потребности.

При построении модели в первом случае для совместности условий строчные ограничения должны быть записаны как ограничения-неравенства, допускающие неполный вывоз имеющегося продукта. Модель примет вид

; (19)



;



;



Аналогично во втором случае неравенствами должны быть выражены столбцовые ограничения, допускающие неполное удовлетворение спроса.

Открытая модель легко сводится к эквивалентной ей закрытой модели. Так, в первом случае введем фиктивный потребитель с величиной спроса



и установим стоимости перевозок от каждого поставщика к фиктивному потребителю равными нулю. В результате получим закрытую транспортную задачу, решение которой будет решением исходной открытой задачи. В любом плане данной закрытой задачи спрос всех реальных потребителей будет удовлетворен полностью, так как спрос фиктивного потребителя равен имеющемуся избытку продукта. Поэтому совокупность перевозок к реальным потребителям дает план исходной открытой задачи, а значения фиктивных перевозок – объемы продукта, остающегося у соответствующих поставщиков. Поскольку расходы на перевозки к фиктивному потребителю равны нулю, минимум целевой функции в обеих задачах имеет одно и то же значение.

Во втором случае эквивалентная закрытая задача строится введением фиктивного поставщика, запас которого равен избыточному спросу всех потребителей. Решением исходной открытой задачи будет совокупность перевозок от реальных поставщиков ко всем потребителям, а поставки от фиктивного поставщика укажут объем неудовлетворенного спроса соответствующих потребителей.

Транспортная задача относится к задачам математического программирования и чаще всего решается симплекс-методом, который разработан американским математиком Д.Данцигом в 1949г. для задач в канонической форме записи:

; ; , (20)



где А – матрица условий задачи размеров , ранг которой будем всегда считать равным *m*;



– вектор-строка коэффициентов целевой функции;



– вектор-столбец коэффициентов ограничений.



Вектор-столбец , удовлетворяющий условиям , , называется допустимым решением или планом, а допустимое решение, доставляющее максимум целевой функции, называется оптимальным решением или оптимальным планом. Множество векторов называется областью допустимых решений задачи линейного программирования и является выпуклым.



Решение транспортной задачи симплекс-методом, как и любой задачи линейного программирования, состоит из двух этапов. На первом этапе отыскивается некоторый начальный опорный план, на втором осуществляется итерационный процесс его улучшения. Содержанием каждой итерации является проверка имеющегося плана на оптимальность, и в случае его неоптимальности переход к новому опорному плану с меньшим значением целевой функции. Специфика транспортной задачи приводит к существенному упрощению первого этапа, а именно: если в общей задаче линейного программирования построение начального опорного плана выполняется с помощью той же процедуры симплекс-метода, которая применяется и на втором этапе, то в транспортной задаче опорные планы строятся элементарными способами, например методом северо-западного угла. Для этапа проверки оптимальности и перехода к новым опорным планам в транспортной задаче также разработан целый ряд алгоритмов, более простых и удобных по сравнению с общей процедурой симплекс-метода, а иногда и вообще не связанных с нею. Метод потенциалов является разновидностью модифицированного симплекс-метода, приспособленного к особенностям транспортной задачи.

Если рассматривать задачу

; ; , (21)



как прямую, то в соответствии с теорией двойственности ей можно сопоставить следующую двойственную задачу:

; . (22)



Компоненты вектора **y** не ограничены по знаку, потому что прямая задача (1.21) каноническая. Неравенства двойственной задачи становятся нагляднее, если представить двойственный вектор **y** в виде , где первые *m* компоненты *ui* соответствуют строчным уравнениям (15), последующие *n* компонент *υj* – столбцовым уравнениям (16). Число *ui* принято называть потенциалом поставщика *I*, число *υj* – потенциалом потребителя *j*. Если в задаче (22) записать векторы y, b, c и матрицу *А* покомпонентно, то с учетом того, что каждый столбец матрицы *А* содержит всего две единицы, одна из которых соответствует строчному, другая – столбцовому уравнению прямой задачи, получим двойственную задачу в виде



; (23)



, , . (24)



Из постановки двойственной задачи (23), (24) видно, что увеличение потенциалов *ui* и *υj* приводит к возрастанию целевой функции (23), так как по предположению *ai*>0, *bj*>0 для всех *I, j*. Однако неравенства (24) ограничивают рост целевой функции. Согласно им, сумма потенциалов поставщика и потребителя не должна превышать расходы на перевозку между ними единицы продукта. Более строго, из второй теоремы двойственности следует, что оптимальный план прямой задачи может включать ненулевое значение перевозки *xij* только в том случае, если сумма потенциалов поставщика *I* и потребителя *j* равна величине расходов на перевозку между ними единицы продукта. Применяя этот результат к паре задач (14) – (17) и (23), (24), получаем следующий признак оптимальности плана транспортной задачи: если план оптимален, то ему соответствует система чисел *ui* и *υj*, удовлетворяющих условиям:



для ; (25)



для . (26)



Введем для переменных *xij* оценки

, (27)



которые являются приведенными коэффициентами целевой функции, эквивалентными оценками симплекс метода. Тогда из (25), (26) получаем признак оптимальности в следующем виде: план оптимален, если все его оценки вида (27) неположительны.



Разновидностями транспортной задачи являются задача о максимальном потоке, задача о назначениях и т. д. При этом каждая разновидность транспортной задачи может решаться различными методами. Например, задача о назначениях кроме классического метода решения имеет так называемый венгерский метод.

При диспетчировании перевозок грузов в конкретном транспортном хозяйстве конкретного предприятия диспетчеру всегда приходится решать транспортную задачу, т. е. составлятьплан (расписание) перевозок грузов при минимальных затратах на их перевозку. Естественно, диспетчер составляет не всегда оптимальный план. Для реальной минимизации затрат на перевозку грузов необходимо использовать ЭВМ.

**Выводы.** Технологический процесс изготовления изделий на предприятиях микроэлектроники является очень трудоемким, а организация производственного процесса требует большое и разнообразное количество сырья и материалов, поэтому для обеспечения бесперебойного и эффективного функционирования производства на предприятии необходимо наличие развитой структуры транспортного хозяйства, которое позволяет выполнять все необходимые перевозки грузов. Неоптимальное распределение грузовых потоков может привести к росту себестоимости конечной продукции, а, следовательно, и к ее неконкурентоспособности. Ввиду этого рациональное планирование грузовых перевозок играет немаловажную роль в эффективности работы всего предприятия. Организацией транспортных потоков на предприятиях занимается диспетчерская служба или диспетчер, а так как работа людей является субъективной и основывается на опыте и профессионализме человека (группы людей), то схема распределения грузовых потоков часто является неоптимальной. Поэтому при диспетчировании целесообразнее было бы использовать программный комплекс, работающий на алгоритме решения транспортных задач со многими неизвестными и возможностью включения новых пунктов сырья, материалов, потребителей и автомобилей.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Новицкий, Н.И. Организация, планирование и управление производством / Н.И. Новицкий, В.П. Пашуто. – М.: Финансы и статистика,2006.
2. Балашевич, В.А. Основы математического программирования. – Минск: «Вышэйшая школа», 2005.
3. Математическое программирование / А.А. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. А.В. Кузнецова. – Минск: «Вышэйшая школа», 2004.